

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS ARARANGUÁ**

BRUNO RODRIGUES BULHÕES

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS ESTRUTURAIS E
OPERACIONAIS NO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA EDIFICAÇÃO
CONTÊINER PARA USO COMERCIAL**

ARARANGUÁ

2018

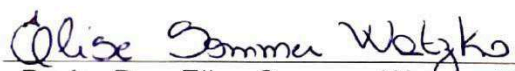
BRUNO RODRIGUES BULHÕES

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS ESTRUTURAIS E
OPERACIONAIS NO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA
EDIFICAÇÃO CONTAINER PARA USO COMERCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Engenheiro(a) de Energia.

Araranguá, 27 de junho de 2018.


BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Elise Sommer Watzko (Orientadora)
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. César Cataldo Scharlau
Universidade Federal de Santa Catarina


Eng. Thayane Lodete Bilésimo

RESUMO

A construção civil cada vez está gerando mais rejeitos, sendo que em algumas cidades esses representam mais de dois terços do resíduo sólido anual. Assim, à medida que a população cresce são necessárias alternativas mais sustentáveis de construção. Uma alternativa que está em crescimento atualmente é a utilização de contêineres como a estrutura da edificação. A vantagem de se utilizar essa opção vem do fato de gerar menos rejeitos na obra e ao mesmo tempo reciclar contêineres que não servem mais para o comércio marítimo. Devido à sua vida útil de aproximadamente 10 anos no setor de transporte marítimo, os contêineres logo se acumulam como lixo em muitos portos pelo mundo. Como alternativa de uso dos contêineres, o objetivo geral do presente projeto foi efetuar um estudo de caso para aprimorar o desempenho térmico de um contêiner para uso comercial por meio de simulações térmicas, de maneira a tentar trazer um conforto térmico adequado para construção. Para isso, o trabalho foi dividido em dez estudos, e utilizou simulações para analisar o comportamento térmico de diferentes variáveis, refinando o modelo a cada etapa. As simulações térmicas foram feitas através do programa Domus – Procel Edifica, elaborado pelo Laboratório de Sistemas Térmicos – LST da PUCPR, que analisa os comportamentos higrotérmico e energético de edificações. O *softwares* Excel foi utilizado para auxiliar no estudo. Após a realização das simulações, a maioria dos estudos apresentou alguma melhoria do desempenho térmico, porém, alguns outros não tiveram uma influência significativa para serem demonstrados graficamente. Ao final, os resultados revelam que as decisões tomadas demonstraram uma melhora no conforto térmico ao comparar a configuração *default*. Apesar da melhora ainda é necessária uma alternativa para o condicionamento de ar. Desta forma, o trabalho proposto propõe uma forma alternativa de construção sustentável, mantendo um desempenho satisfatório de conforto.

Palavras-chave: Eficiência térmica em edificações. Edificação contêiner. Domus.

ABSTRACT

Civil construction is increasingly generating more debris day by day, in some cities in Brazil is already representing more than two-thirds of the annual solid waste. Thus, as the population grows, more sustainable construction alternatives are needed. An alternative that is currently spreading around is the use of containers as the structure of the building. The advantage of using this option comes from the fact that it generates less waste during construction and, at the same time, recycles containers that is no longer adequate for maritime trades. Due to their approximately 10-year lifespan in the shipping industry, containers easily accumulate as waste in many ports around the world. As an alternative for the discontinued containers, the overall objective of this project was to implement a case of study to improve the thermal behaviour of a container building through thermal simulations in order to attempt to get a suitable thermal comfort for the construction. For this reason, the monograph was divided into ten studies, and uses thermal simulations to analyze the behaviour of different variables, refining the model at each stage. The thermal simulations were done through the Domus - Procel Edifica software, elaborated by the Laboratory of Thermal Systems - LST of PUCPR, which analyzes the hygrothermal and energetic behaviour of buildings. Excel was used to assist in the study. After the simulations, most of the studies had some relevance to improve thermal performance; however, some studies did not have a significant influence to be graphically demonstrated. In the end, the results show that the decisions made had a great improvement on thermal comfort if compared with the *default* configuration. On the other hand, the improvement is not enough; as a result, air conditioning is necessary. Along these lines, the proposed paper provides an alternative form of sustainable construction, maintaining a satisfactory performance of comfort.

Keywords: Thermal efficiency in buildings. Container building. Domus.

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT	2
1 INTRODUÇÃO	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Contêiner	7
2.2 Contêiner na construção civil	8
2.3 Software Domus.....	9
3 OBJETIVOS	12
3.1 Objetivo geral.....	12
3.2 Objetivos específicos.....	12
4 MÉTODO	13
4.1 Estudo 0 - Decisões para a configuração <i>default</i>	14
4.2 Estudo 1 - Simulações dos diferentes isolantes para espessura de 50 mm	20
4.3 Estudo 2 - Simulações para um isolante variando a espessura	20
4.4 Estudo 3 - Simulações variando a orientação da fachada.....	21
4.5 Estudo 4 - Decisão das dimensões e localizações das janelas	21
4.6 Estudo 5 - Simulações para diferentes horários de ventilação natural	24
4.7 Estudo 6 - Simulações para diferentes tamanhos de brise.....	24
4.8 Estudo 7 - Simulações para diferentes cores para as paredes externas e internas...	24
4.9 Estudo 8 - Simulações para diferentes configurações de cobertura	25
4.10 Estudo 9 - Simulação anual para a edificação otimizada	25
5 RESULTADOS	28
5.1 Decisões <i>default</i>	28
5.2 Variação do tipo de isolante.....	29
5.3 Variação da espessura do isolante.....	30
5.4 Orientação da fachada	31
5.5 Dimensionamento e posicionamento das janelas	31
5.6 Ventilação natural	32
5.7 Brises.....	34
5.8 Simulação de diferentes cores nas paredes externas e internas	34
5.9 Cobertura	35

5.10 Comparação entre a edificação <i>default</i> e a otimizada	36
6 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS	42
APÊNDICE A – Resultados mensais da comparação da edificação <i>default</i> e otimizada	45
ANEXO A - Carta psicrométrica de Florianópolis	52
ANEXO B - Carta solar de Florianópolis.....	53
ANEXO C - <i>Datasheet</i> das luminárias e lâmpadas utilizadas	54
ANEXO D – Características dos isolantes utilizados	64

1 INTRODUÇÃO

Toda construção precisa de uma estrutura forte e confiável. Porém, muitas vezes, a parte estrutural de uma edificação é um dos maiores custos da obra e, também, gera muitos rejeitos. De acordo com MARQUES (2007) e o INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA (2012), os Resíduos da Construção Civil (RCC) geram atualmente um grave problema para as cidades brasileiras, já que os RCCs representam entre 50% a 70% dos resíduos sólidos urbanos. Esses resíduos, além de causarem problemas estéticos, ambientais e de saúde pública, também influenciam gravemente na coleta pública de lixo dos municípios. Assim, é necessário a proposta de novas alternativas mais sustentáveis para diminuir os detritos provenientes das obras e demolições.

Assim como considerado pelo CONAMA (2002), é necessário que materiais reciclados sejam utilizados para que exista uma diminuição dos detritos gerados por uma construção, contribuindo assim com soluções construtivas que causam um impacto menor ao meio em que vivemos. Dessa forma, profissionais da construção civil buscam alternativas mais sustentáveis em diferentes setores da economia, um exemplo é a utilização de contêineres, que são projetados originalmente para o transporte marítimo, mas que podem substituir, em alguns casos, a parte estrutural de uma construção, reduzindo assim a quantidade de resíduos (AQUINO, 2016).

O primeiro motivo de um contêiner ser uma boa alternativa é, em parte, devido a sua estrutura resistente de Aço Cor-Ten que, para resistir às condições climáticas dos portos e do transporte marítimo, apresenta um tratamento que confere uma elevada propriedade anticorrosiva, tornando assim um material altamente durável. Os contêineres utilizados são padronizados por norma da *International Organization for Standardization*, mais especificamente representada no Brasil através da norma NBR ISO 668 (ABNT, 2005). Outro motivo para se considerar, é a agilidade proporcionada por uma obra feita a partir de contêineres, pois são estruturas pré-fabricadas e, em alguns casos, podem até ser transportados prontos, com toda a modificação necessária para vivência. Isso ocorre por serem modulares e já existirem meios de transportes adaptados para seu traslado.

O contêiner, apesar de ser uma ótima solução pela agilidade e por ser uma excelente opção no ponto de vista estrutural e ambiental, não foi projetado para habitação. Com isso, são necessárias modificações, uma boa seleção e, além disso, ser feita uma limpeza para neutralizar quaisquer componentes químicos que possa ter tido em seu uso anterior. Dentre as

principais modificações são necessárias mudanças estruturais, pois sua estrutura metálica é um excelente condutor térmico (CARBONARI, 2015).

Desta forma, este trabalho aborda os estudos e resultados do aprimoramento de uma edificação contêiner para uso comercial, utilizando diferentes variáveis, que tem como objetivo trazer soluções ao conforto térmico interno, fundamental para o bem estar de um usuário. Para isso, foi utilizado o programa Domus, a fim de realizar simulações higrótérmicas e energéticas. Após as simulações, foram feitas compilações dos dados das diferentes situações, analisando assim o comportamento térmico de cada variável para a cidade de Florianópolis.

Utilizando programas computacionais, juntamente com a análise das características do envelope da edificação e dos dados climáticos locais, é possível criar modelos matemáticos capazes de realizar previsões de como seria o comportamento da edificação sem a necessidade de fazer um protótipo físico. Ao fazer um protótipo, a precisão do resultado é maior, visto que as análises são medidas fisicamente e não matematicamente através de algoritmos. Porém o custo de uma simulação computacional é muito inferior a construção de um protótipo e a compra dos equipamentos para a medição. Ainda que possua uma precisão menor, a simulação computacional pode se aproximar muito da situação real dependendo das variáveis escolhidas. Além dessas considerações, também é necessária uma interpretação correta dos dados de saída da simulação, e verificar como cada variável influencia no resultado final.

Em uma simulação computacional existem muitas incertezas, principalmente devido à dificuldade de prever variáveis em que o comportamento do usuário está diretamente relacionado, e, em uma simulação térmica, isso não é diferente. Mesmo as edificações mais eficientes e com as melhores configurações de construção podem trazer ao usuário um grande desconforto térmico e um elevado consumo de energia se utilizadas de maneira incorreta. Apesar de o usuário influenciar muito no resultado real, uma consideração que pode ser feita para diminuir esse fator após a construção, por exemplo, é instruir o usuário sobre a forma correta de lidar com a edificação. As considerações nos estudos de simulação deste trabalho foram feitas comparando a influência causada por cada variável que apresentasse uma melhoria significativa. Caso contrário, era mantida a variável anterior ou que atendesse alguma norma.

Desse modo, o presente trabalho irá apresentar estudos com o objetivo de aperfeiçoar termicamente parâmetros operacionais e estruturais, bem como variáveis comportamentais, de uma configuração *default*. As avaliações das influências desses parâmetros e variáveis foram focadas em 11 diferentes estudos, como forma de realizar as decisões de maneira isolada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste trabalho é proposto um método para avaliar o desempenho térmico de uma edificação contêiner para fins comerciais. Para realizar esse objetivo são utilizadas simulações computacionais através do programa Domus, alterando variáveis do modelo.

Como forma de auxiliar os estudos realizados por este trabalho, abaixo estão descritos alguns conhecimentos relacionados ao tema.

2.1 Contêiner

Contêineres são equipamentos modulares feitos de metal e são utilizados, principalmente, para transporte de cargas marítimas, isso por causa de resistência e pela possibilidade de empilhar (SOUZA, 2015).

Os contêineres que existem hoje são relativamente recentes, uma vez que só estão em circulação há menos de 50 anos. Antes disso, as mercadorias eram transportadas como fardos, em sacas ou no máximo em barris, o que as deixava exposta a roubos e danos. O jeito antigo de transporte, por não possuir padrão necessitava que sua descarga fosse feita de maneira manual e precisava de muitos trabalhadores, o que tornava o processo caro e demorado (SMITH, 2006).

O crédito pela invenção do contêiner utilizado atualmente vai para Malcolm MacLean, pois foi o primeiro a patentear. A invenção foi feita para solucionar o problema de transporte de carga. Após a ideia se disseminar, outras patentes também utilizaram a ideia como solução para seus problemas. Dessa forma, muitos tamanhos diferentes de contêiner foram criados, o que trouxe a necessidade de se criar uma padronização para o tamanho. Em 1995, foi criada então a ISO 668:1995, a qual padroniza o tamanho e a classificação dos contêineres (SMITH, 2006).

Com a ascensão da economia mundial, as exportações crescem cada vez mais e, consequentemente, a quantidade de contêineres em circulação. Segundo CARBONARI (2015), com dados apresentados pelo *World Shipping Council*, apesar de serem equipamentos recentes, mais de 18 milhões de contêineres ISO circulam mundialmente e desses 5% são descartados anualmente.

O descarte dos contêineres ocorre pelo fim de sua vida útil como recipiente de cargas marítimas. O motivo é que, devido a requerimentos exigidos pela *International Convention*

for Safe Containers - CSC, contêineres de carga devem passar por vários testes de segurança após cinco anos de sua fabricação e, além disso, passar por revisões a cada 30 meses se quiserem obter o selo de segurança da CSC. E como é de se esperar, com o passar do tempo, fica difícil manter a qualidade exigida, acarretando assim em uma vida útil entre 10 e 15 anos (UNECE, 2014; CARBONARI, 2015).

2.2 Contêiner na construção civil

A construção civil é atualmente o maior gerador de resíduos sólidos urbanos, necessitando assim de soluções que reduzam o impacto causado ao meio ambiente. Uma dessas soluções é o contêiner, pois sua utilização na construção civil é caracterizada por gerar poucos resíduos e possuir uma menor intervenção no terreno ao fazer sua fundação (CARBONARI, 2015).

Os contêineres podem assumir diferentes funções na construção civil, funções essas que os tornam importantes agentes nesta área. Dentre elas, podemos citar o uso dos mesmos como forma de moradia ou como edificações comerciais, que além de ter atribuição social contribui com a ideia de sustentabilidade, por serem reutilizadas para este fim, ao invés de serem descartadas. Outro contribuinte para a escolha do contêiner como habitação está na praticidade de construção de um ambiente domiciliar, ao mesmo tempo, que não desmerece em sofisticação, tornando-se uma alternativa como habitação na atualidade (MILANEZE, 2012).

Em outro estudo, AQUINO (2016), mostra como o container já vem sendo utilizado como alternativa de moradia em diversos países, como Holanda, Inglaterra e Japão, contribuindo nos critérios já citados acima, mudando a ideia original de servir apenas como dispositivo de transporte de cargas. Para de fato tornar o uso de container sustentável, deve-se cuidar de todas as etapas do processo, desde idealização, concepção, projeto, uso, manutenção e vida útil. Em contraponto, para ser utilizado na construção civil é necessário que o container passe por processos que envolvam a recuperação e limpeza do mesmo, visto que existe a possibilidade de riscos de contaminação.

Outro quesito que deve ser avaliado ao se pensar no uso de container como habitação é em adaptar o mesmo para o uso humano, pois quando não planejado de maneira correta leva ao maior aumento de consumo de energia se comparado às edificações convencionais (AQUINO, 2016).

A fim de adaptar o container para o uso humano, o arquiteto especialista em arquitetura ecológica PhD Luís de Garrido, citado por AQUINO (2016), identifica vários aspectos importantes para se garantir um conforto adequado ao usuário, dentre os principais estão: adequar o projeto ao clima local, melhorar o comportamento térmico e acústico, proporcionar isolamento na parte externa, aproveitar a inércia térmica, garantir a troca de ar e ventilação natural e a impermeabilização e evitar a condensação, garantir equilíbrio eletromagnético e eliminar o efeito de "Gaiola de Faraday", e diminuir o consumo de energia.

Existem vários tipos de contêineres padronizados, mas os dois mais utilizados para construção civil são o *Dry High Cube 20* e *Dry High Cube 40'*. O nome indica o comprimento em pés. A categoria *Dry* é a mais utilizada por ser completamente fechada, e por ser *High Cube* apresenta uma altura de 2,89 m, ao invés de 2,59 m (ROMANO; DE PARIS; NEUENFELDT, 2014).

Na Tabela 1 são apresentadas as dimensões externas e internas do contêiner *Dry High Cube de 40* pés, utilizados para o presente trabalho.

Tabela 1 - Dimensões utilizadas para o contêiner na simulação

Dimensões	Largura (m)	Comprimento (m)	Altura (m)
Exterior	2,438	12,192	2,896
Interior	2,330	11,998	2,566

Fonte: ISO 668:2005, 2005

2.3 Software Domus

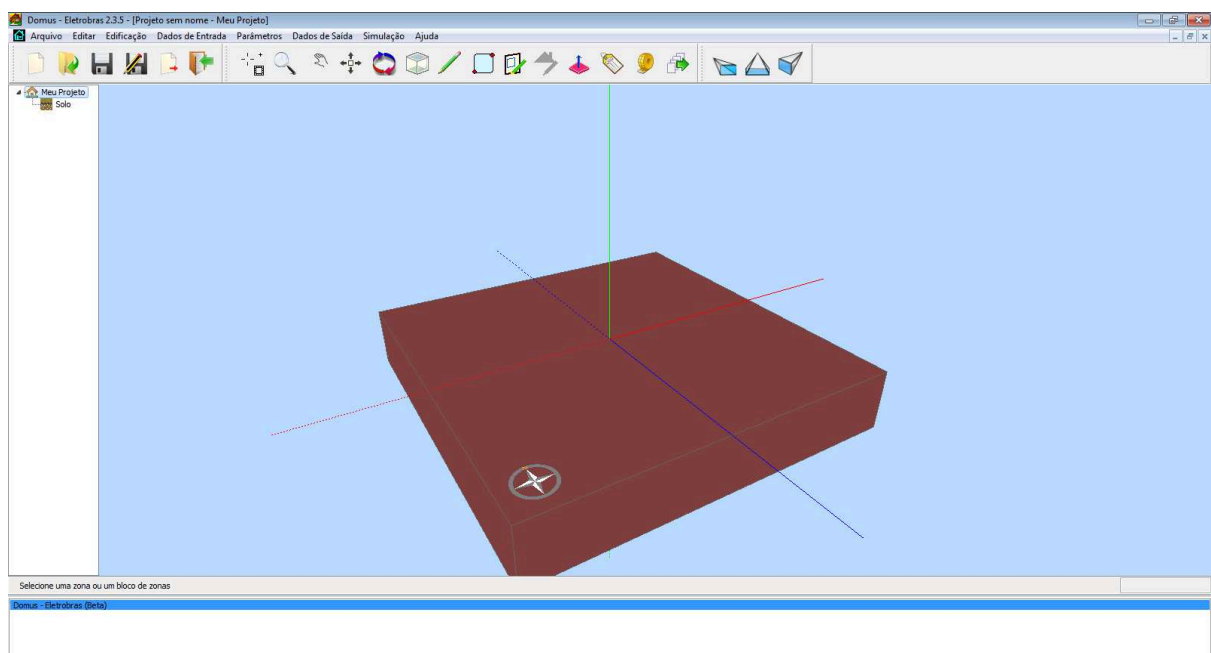
O Domus é um *software* nacional para simulações higrotérmicas em edificações. Apresenta o diferencial de possuir uma programação mais eficiente, se comparar com alguns dos *softwares* internacionais desenvolvidos na década de 70, como por exemplo, BLAST, DOE-1, NBSLD, TRNSYS e ESP-r, isso porque possui à sua disponibilidade *hardwares* melhores. Podendo assim, realizar cálculos onde todas as equações são resolvidas simultaneamente (SANTOS et al., 2003).

Outra diferença que o Domus possui em relação a outros *softwares* é a função de realizar as simulações para qualquer passo de tempo definido pelo usuário, deixando assim o mesmo com o total controle entre precisão desejada e custo computacional necessário para realizá-la (PEREIRA, 2014).

O programa foi feito pensando no usuário e por isso sua interface é intuitiva e de fácil uso. Dessa forma, profissionais da área de climatização e da área de energia podem, de forma rápida e precisa, obter o dimensionamento do sistema de condicionamento de ar, ou então, avaliar alternativas de climatização passiva (LST, 2013).

Apesar de sua facilidade para realizar as simulações térmicas, o Domus possui limitações ao desenhar modelos mais complexos, sendo assim necessário o auxílio do *software* AutoCAD para desenhar a planta baixa. Na Figura 1 podemos ver a sua interface.

Figura 1 - Interface do Domus



Fonte: Domus, 2014

O Domus, através de seu modelo dinâmico de análise, não só realiza cálculos de temperatura e umidade nas paredes, como também fornece valores de temperatura e umidade relativa para cada ambiente. Isso é possível, pois o programa inclui, além da transferência de calor, cálculos de transferência de vapor e líquido pelos poros das envoltórias (MENDES et al., 2003; PEREIRA, 2014).

O cálculo da umidade relativa de cada zona utiliza uma série de considerações em termos de balanço do vapor de água, assim como ventilação, infiltração, fluxo através da porosidade das paredes, mobília, sistema de refrigeração e da respiração dos ocupantes, sempre sendo calculados segundo o proposto pela Sociedade Americana dos Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado - ASHRAE (1993). É levado em conta

também a temperatura do ar, a umidade absoluta do ar e a atividade física realizada pelo ocupante (SANTOS et al. 2004).

A partir de todas essas considerações realizadas pelos cálculos de sua programação, o programa Domus, possibilita a simulação de parâmetros como conforto térmico *Predicted Mean Vote* - PMV e *Predicted Percentage of Dissatisfaction* - PPD, sensação térmica ASHRAE, temperaturas e umidades relativas internas, percepção da qualidade do ar, ganhos térmicos, carga térmica do sistema de climatização, consumo de energia, bem como, para cada superfície, o perfil de temperatura, umidade, pressão de vapor, fluxo de calor e vapor e radiações direta, difusa e refletida.

3 OBJETIVOS

O objetivo geral e o específico para o estudo estão apresentados a seguir:

3.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente projeto é, através de simulações térmicas, avaliar a influência de parâmetros estruturais e operacionais no desempenho térmico de uma edificação contêiner para uso comercial.

3.2 Objetivos específicos

O objetivo principal do trabalho será alcançado por meio dos seguintes objetivos específicos:

- Fazer pesquisas bibliográficas em literatura relacionada ao tema de utilização de contêineres na construção civil e os tipos de isolantes mais utilizados no Brasil;
- Definir um modelo *default* como ponto de partida e material de comparação com o resultado final, contendo dados da estrutura, orientação, envelope, perfil dos usuários, ganhos internos e informações técnicas da simulação;
- Utilizar o programa Domus para simular um contêiner adaptado para a construção civil, obtendo relatórios com informações como: temperatura interna, temperatura externa e ganhos térmicos;
- Realizar simulações no Domus avaliando diferentes variáveis que alteram o comportamento térmico no interior do modelo;
- Avaliar os dados retirados dos relatórios das simulações do Domus, e gerar gráficos comparando a temperatura interna de cada estudo, possibilitando assim, uma forma de mostrar a diferença térmica causada pelas mudanças das variáveis.
- Efetuar, para cada estudo, a escolha de uma melhor solução entre as opções comparadas, e utilizar como se fosse um novo *default*, ou seja, acumular todas as escolhas para os próximos estudos;
- Comparar o conforto térmico da versão final do contêiner, contendo todas as modificações, com o modelo *default*.

4 MÉTODO

Os objetivos deste trabalho foram realizados por meio de simulações, contemplando em 10 estudos, de maneira sequencial e individualizada, a influência de parâmetros e variáveis estruturais, comportamentais e de operação no desempenho térmico da edificação. A melhor configuração encontrada em cada estudo para a variável ou parâmetro avaliado serviu como configuração de entrada para o próximo estudo.

As simulações foram realizadas em sua maioria no programa Domus - Eletrobrás e os dados de saída foram tratados no software Excel. O software AutoCAD também foi utilizado para auxiliar no desenho da edificação e a carta psicrométrica de Florianópolis foi utilizada como referência nos estudos. A carta utilizada se encontra no ANEXO A deste trabalho (LAMBERTS, 2010a).

As principais atividades realizadas em cada estudo são verificadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Atividades realizadas em cada estudo

Etapa	Principais atividades realizadas no estudo
Estudo 0	Criar modelo <i>default</i> Mostrar a influência de ter ou não o chanfro nas simulações Analisar as melhores datas para as simulações dos próximos estudos
Estudo 1	Simular três isolantes com 50 mm de espessura em passo de 1 minuto para as datas escolhidas
Estudo 2	Variar espessura do isolante escolhido no Estudo 1
Estudo 3	Variar a orientação da fachada para as quatro direções cardiais
Estudo 4	Decidir local das janelas após a decisão da orientação da fachada Simular as janelas com tamanho mínimo e máximo exigido pela norma NBR 15220-3
Estudo 5	Simular diferentes horários de abertura da janela
Estudo 6	Simular diferentes tamanhos para o brise
Estudo 7	Simular em três diferentes cores as paredes internas e externas
Estudo 8	Simular três diferentes configurações para o telhado
Estudo 9	Criar a configuração otimizada para fazer a simulação anual Comparar a simulação otimizada com a <i>default</i>

Fonte: O autor

4.1 Estudo 0 - Decisões para a configuração *default*

Devido à alta condutividade térmica de sua estrutura, o contêiner por si só não é uma boa opção para construção civil. Por esse motivo, existe a necessidade de buscar alternativas para melhorar seu desempenho térmico. Assim, o propósito principal do Estudo 0 é criar um *default* como ponto de partida para este trabalho. Para essa configuração inicial foram utilizados o arquivo climático da cidade de Florianópolis, retirado do próprio Domus, e as diretrizes apresentadas pela norma NBR 15220-3 de 2005.

O primeiro passo consistiu em extrair o arquivo climático do Domus, a fim de decidir as melhores datas para se realizar as simulações. Uma das alterações possíveis através da guia “Parâmetros” é a escolha do arquivo climático utilizado para as simulações, que já possui um banco de dados próprio, o qual inclui a cidade de Florianópolis. Nessa mesma janela de configuração existe a possibilidade de salvar em um arquivo de texto todos os dados climáticos utilizados pelo programa. Logo após abrir o arquivo salvo, os dados de temperatura foram transferidos para o Excel, local em que foram analisadas quais seriam as datas de maior temperatura e menor temperatura anual. Desta forma, as simulações dos demais estudos, com exceção do Estudo 9 (avaliação do comportamento anual), foram feitas para essas duas datas no período de 24 horas com tempo de passo de 1 minuto.

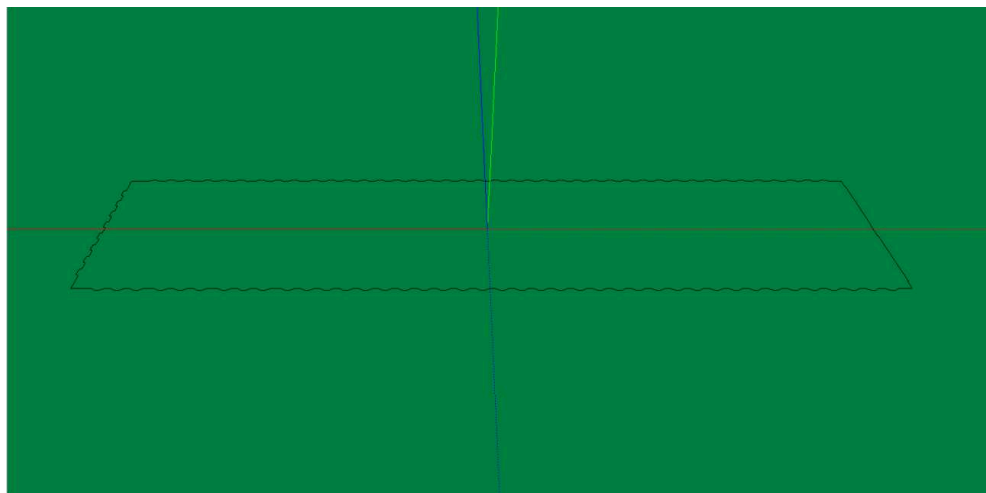
Durante as simulações testes para familiarização com o programa, uma possível fonte de erro foi encontrada. O programa tem como requisito inicial informar uma temperatura e umidade para o ambiente interno. Assim, como forma de reduzir o erro, todas as simulações começavam cinco dias antes da data a se analisar. Por exemplo, se a data escolhida de maior temperatura fosse 6 de Janeiro, a simulação teria início no dia 1 de Janeiro.

A segunda etapa do Estudo 0 foi analisar a influência do chanfro na simulação. Para isso, foi simulado para um ano inteiro, com o tempo de passo de 1 hora, um contêiner inteiramente chanfrado, um contêiner chanfrado com partes retas, locais onde seriam colocadas janelas e porta, e um sem chanfro. O motivo dessa etapa se deve ao fato do programa não permitir inserir as janelas e portas em superfícies não planas. Deste modo, a simulação teve como propósito verificar a dimensão do erro existente entre as três configurações descritas acima.

Para preparar o Domus para as simulações, deve-se iniciar com a configuração do tamanho do terreno que, para este estudo, foi considerado com 30 metros de comprimento, 30 metros de largura e 2 metros de altura. Na sequência, desenha-se um esboço em duas dimensões da planta do que será a estrutura do contêiner.

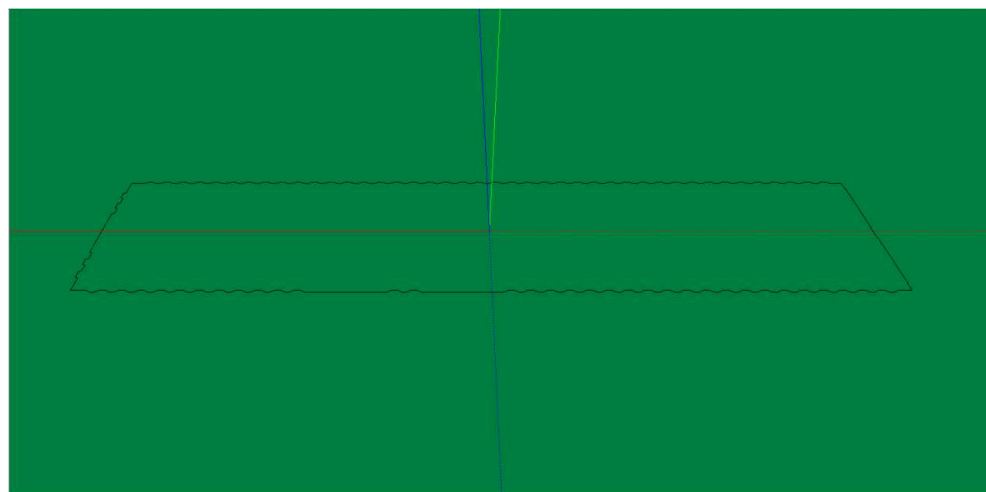
Existem quatro formas de fazer o esboço da planta. A primeira é utilizando a ferramenta lápis, que permite fazer desenhos livres. A segunda forma é utilizando a ferramenta inserir objeto, esta opção foi utilizada para criar o contêiner sem chanfro. A terceira é a ferramenta criar sólido de base retangular. E para geometrias mais complexas, como no caso dos desenhos para as simulações com os chanfros, existe a quarta forma, na qual o programa permite importar um desenho feito através do *software* AutoCAD. As Figuras 2 e 3 mostram os esboços das plantas após a importação.

Figura 2 - Esboço do contêiner com paredes chanfradas.



Fonte: O autor

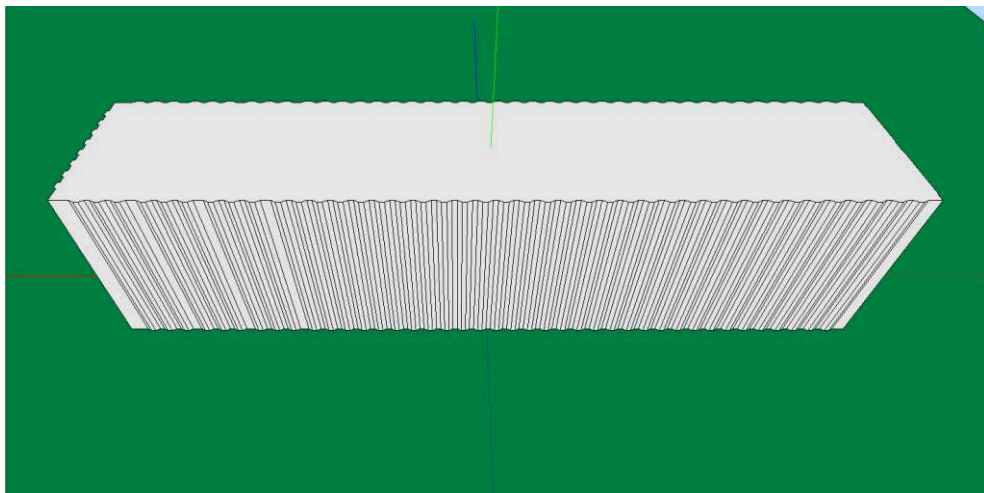
Figura 3 - Esboço do contêiner chanfrado com partes retas para as aberturas.



Fonte: O autor

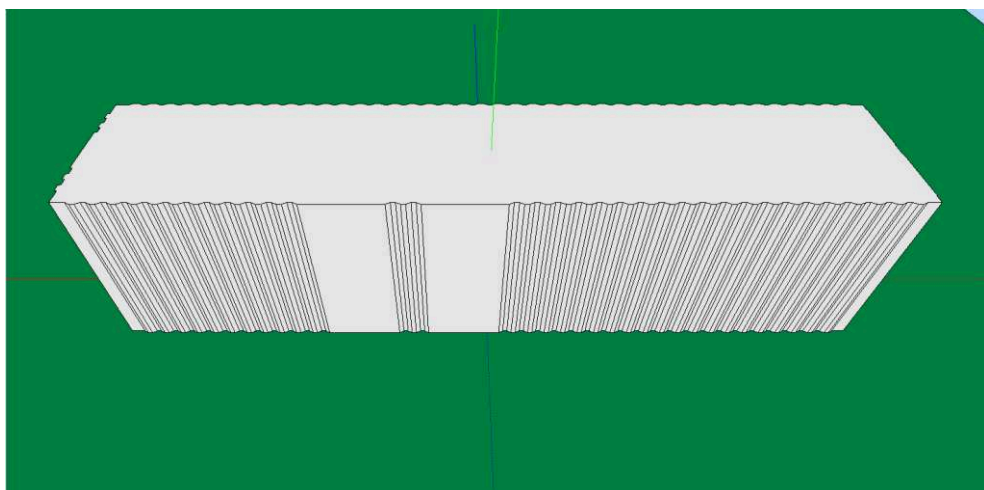
Após o desenho da planta, o próximo passo foi obter o modelo tridimensional através da ferramenta extrusão. Para a ferramenta funcionar é necessário que o esboço desenhado não possua nenhuma abertura. Nesta etapa é que são definidas as zonas térmicas da edificação, que, neste caso, terá apenas uma zona, pois a simulação será feita para um escritório sem paredes internas para diminuir a perda de espaço interno. Nas Figuras 4 e 5, pode-se ver o desenho tridimensional após a extrusão e, na Figura 6, o desenho tridimensional sem chanfro criado pelo método de inserir objeto (PEREIRA, 2014).

Figura 4 - Contêiner com paredes chanfradas após extrusão.



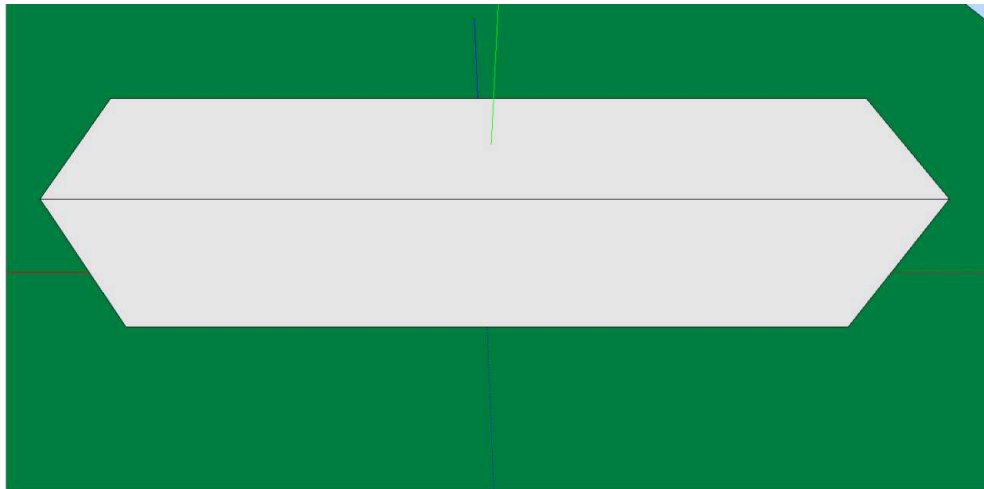
Fonte: O autor

Figura 5 - Contêiner chanfrado com partes retas para as aberturas após extrusão.



Fonte: O autor

Figura 6 - Contêiner sem chanfro.



Fonte: O autor

O Estudo 0 também consistiu em tomar as decisões *default* a serem seguidas pelos demais estudos. Desta forma, após a decisão da estrutura que o contêiner deve utilizar, foram inseridos os dados de entrada. Na Tabela 3 estão todos os parâmetros tomados como *default*, sendo dados de entrada e utilizados nos estudos, qualquer outro parâmetro ou dado foi utilizado o *default* do programa Domus, como por exemplo, o parâmetro numérico que define o refino de malha para os materiais construtivos.

Tabela 3 - Decisões *default* para os estudos

Variável	Valores para a variável
Informações do contêiner	Contêiner 40' High cube de acordo com a ISO 668:2013 Simulado sem chanfrado
Datas das simulações (Variáveis durante a simulação de cada estudo)	Data do verão com maior temperatura: 8 de Fevereiro Data do inverno com menor temperatura: 16 de Junho
Isolantes	Lã de Vidro Lã de Rocha EPS (Isopor)
Espessura dos Isolantes	50 mm
Orientação da fachada de entrada	Leste (Apenas uma porta)

Tabela 3 - Decisões *default* para os estudos

(conclusão)

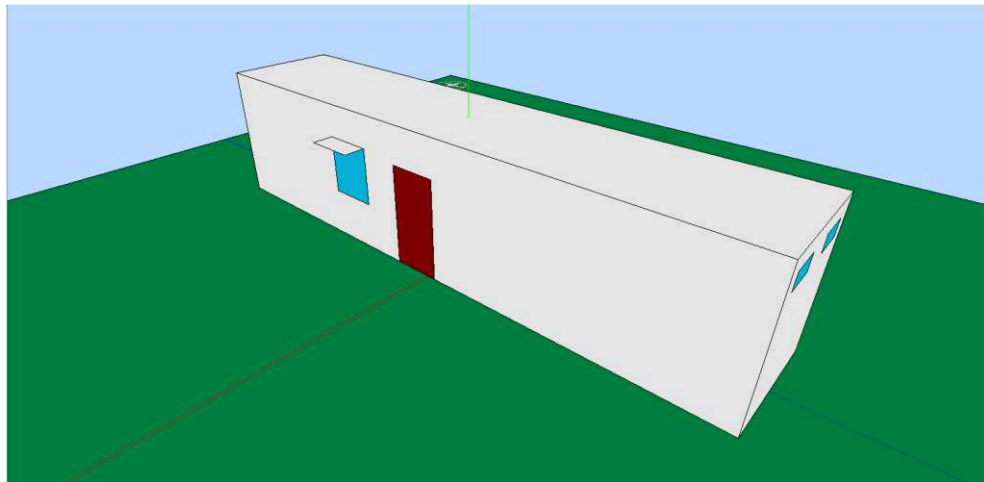
Variável	Valores para a variável
Posição das janelas	1 x Leste 1 x Sul 2 x Norte
Tamanho das Janelas	Leste: 1,2 x 1 m Sul: 1,2 x 0,6 m Norte: 0,3 x 0,6 m
Horário de abertura das janelas	Sem ventilação natural
Brise	45 cm (calculado através de carta solar para sombrear a janela após as 11:00 do dia com mais horas de Sol)
Cores da pintura externa	<i>Default</i> do programa Domus (Cores claras)
Cores da pintura interna	<i>Default</i> do programa Domus (Cores claras)
Estrutura do telhado	Somente a estrutura do contêiner e uma camada de isolante da mesma espessura das paredes
Iluminação	<i>Default</i> do programa Domus
Condicionamento de ar	Sem condicionamento de ar
Ventilação mecânica	Sem ventilação mecânica
Tempo de passo	1 minuto
Dados climáticos	<i>Default</i> do programa Domus para a cidade de Florianópolis
Ocupação	Três funcionários trabalhando entre 07:30 - 16:30
Mobiliário	4x compensado de madeira de 0,2 m de espessura e 3 m ² de área 4x lâminas de alumínio de 0,2 m de espessura e 3 m ² de área (Tamanhos aproximados levando em consideração que o programa calcula o mobiliário em forma de placas planas)
Equipamentos elétricos/eletrônicos(As potências dos equipamentos são <i>default</i> do programa Domus)	3 x Computadores (Ligados entre 7:30 - 16:30 de Segunda à Sexta) 1 x Cafeteira (utilizada por 5 minutos às 8:00 de Segunda à Sexta) 1 x Impressora pequena (Ligada entre 7:30 - 16:30 de Segunda à Sexta)

Fonte: O autor

Com a estrutura terminada, o próximo passo é a inserção da porta e das janelas da edificação. Por não ser uma edificação muito grande foi inserida apenas uma porta e quatro janelas para circulação do ar. Todas as aberturas foram definidas de forma arbitrária.

Para inserir as aberturas deve-se utilizar a ferramenta “Inserir Janelas e Portas” localizada na barra de ferramentas. A Figura 7 apresenta como ficou a disposição da porta e das janelas.

Figura 7 - Contêiner sem chanfro com porta e janelas



Fonte: O autor

Após a inserção das janelas e porta, o próximo passo foi especificar os elementos construtivos das faces. Para tal fim, basta clicar duas vezes na estrutura desejada e realizar as modificações de forma a sempre começar com o elemento mais externo. O aço Cor-Ten não fazia parte do banco de dados do Domus, assim os dados utilizados de densidade, calor específico e condução térmica, foram retirados do trabalho de PONTES (2017).

Os outros dados de entrada apresentados pela Tabela 3 foram inseridos nas guias “Dados de Entrada”, onde são adicionados os ganhos internos e equipamentos de climatização, e “Parâmetros” onde são feitas as considerações como o arquivo climático, passo de tempo e intervalo da simulação. Outra modificação necessária é a configuração dos dados de saída.

A configuração na guia “Dados de Saída” é onde se decide quais os relatórios serão gerados ao fim de cada simulação. Dentre os muitos relatórios disponíveis pelo Domus, os escolhidos para este trabalho foram os relatórios de temperatura interna e umidade relativa interna. Também foi utilizado como apoio o relatório de ganhos térmicos, pois o relatório apresenta toda transmissão e ganho interno de calor no tempo de passo escolhido, sendo assim uma boa forma de distinguir nas curvas o que é ganho interno daquilo que vem do ambiente externo.

4.2 Estudo 1 - Simulações dos diferentes isolantes para espessura de 50 mm

A partir deste estudo, todas as decisões tomadas foram cumulativas e sobrepueram as configurações indicadas na Tabela 3. Contudo, o que não for alterado sempre utilizará o *default* como base. Cada decisão terá o intuito de melhorar o desempenho térmico da edificação. Para essa finalidade, o parâmetro de análise será uma comparação entre a temperatura interna e o intervalo de conforto térmico entre 18 e 26 °C, assim como adotado por LAMBERTS (2010b).

De acordo com a ANSI/ASHRAE (2004), conforto térmico é a condição mental expressada através da satisfação com o ambiente de forma térmica. LAMBERTS (2010b) ainda completa dizendo que a sensação, não só depende de características pessoais, como taxa metabólica e vestimenta, como também do estado em que o ambiente se encontra, incluindo, temperatura radiante, temperatura do ar, umidade do ar e velocidade do ar.

No Estudo 1 foi comparado o comportamento da temperatura interna utilizando três diferentes isolantes térmicos. Os isolantes térmicos foram: lã de vidro, lã de rocha e poliestireno expandido (EPS), este último mais conhecido no Brasil como Isopor. Cada isolante possui suas vantagens e desvantagens. Desta forma, juntamente com os resultados das simulações, foi obtida uma decisão final de qual isolante seria escolhido para prosseguir para o próximo estudo. As características de cada isolante podem ser encontradas no Anexo D.

As simulações realizadas para esta etapa foram para os dias de maior e menor temperatura do ano, como foi descrito no Estudo 0. Para cada uma das duas datas foram realizadas quatro simulações, sendo uma sem o isolante e outras três relacionadas aos três tipos de isolantes. Ao final das simulações, os dados foram exportados para o Excel e gráficos foram gerados para melhor comparação dos resultados.

4.3 Estudo 2 - Simulações para um isolante variando a espessura

O Estudo 2 consistiu em fixar o isolante escolhido no Estudo 1 e o simular em diferentes espessuras. Como forma de obter apenas três opções de espessura para variar, considerou-se que tanto para a cobertura quanto para as paredes, a espessura deve ser a mesma, deixando a avaliação da espessura da cobertura em um outro estudo.

As espessuras escolhidas foram: 25, 75 e 100 mm. Com isto, juntamente com os 50 mm já simulados anteriormente, foram comparadas quatro espessuras para cada uma das duas datas *default*.

Assim como feita com os diferentes isolantes, a comparação das espessuras foi obtida graficamente no Excel comparando as temperaturas internas em cada um dos casos.

4.4 Estudo 3 - Simulações variando a orientação da fachada

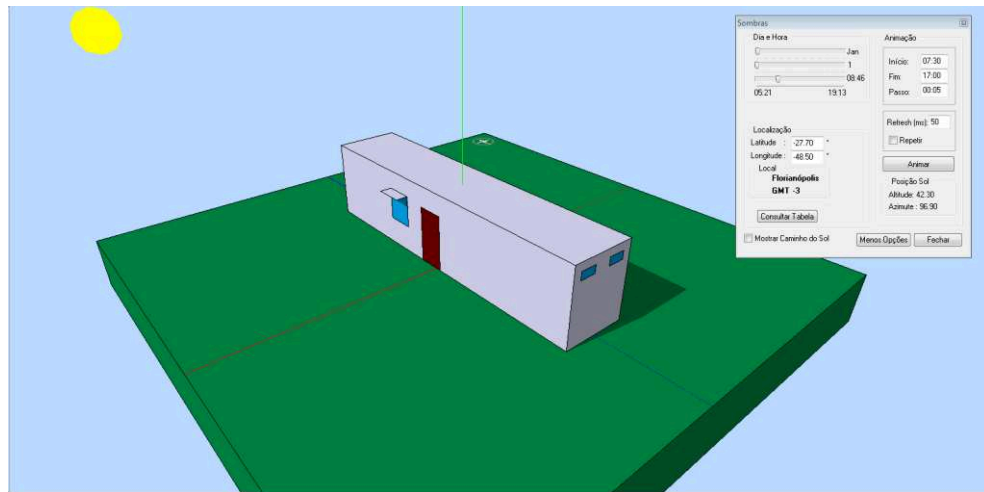
No *default*, a fachada foi definida para ficar em uma das laterais maiores. Para essa decisão foram feitas três considerações: a primeira foi definir que o escritório simulado teria apenas uma entrada, a segunda que o terreno é limitado e, por isso, descarta a necessidade de um acesso para os fundos do terreno e, por último, devido a limitação das dimensões das laterais menores do contêiner, principalmente a da porta original do contêiner, a fachada necessitaria de várias alterações na estrutura.

Neste estudo, as simulações servem como uma análise para descobrir a melhor orientação para a fachada estar direcionada. As orientações utilizadas foram os quatro principais pontos cardeais: norte, sul, leste e oeste, e foram variadas para as datas *default*. Deste modo, a partir dos resultados dos gráficos destas simulações, é possível verificar a influência que a orientação da fachada tem sobre a temperatura interna ao longo das estações. Para prosseguir com o trabalho foi decidida qual seria a melhor opção de orientação utilizando as análises feitas neste estudo.

4.5 Estudo 4 - Decisão das dimensões e localizações das janelas

Como auxílio para tomada de decisão para esta etapa, foi utilizada a carta solar de Florianópolis, Anexo B, exportado do programa Analysis SOL-AR e o próprio Domus utilizando a opção “Sombras” localizada na guia “Edificação”, ao ativar essa opção, é possível mudar o horário e verificar como está a posição solar no desenho. A Figura 8 demonstra um exemplo de simulação de sombras.

Figura 8 - Simulação das sombras no Domus



Fonte: O autor

As direções das janelas foram decididas através dos horários no qual cada face recebe a incidência solar e a intensidade do Sol em cada período, ambas retiradas da carta solar. A Tabela 4 apresenta, para cada face, os horários em que existe incidência solar.

Tabela 4 - Horário de incidência solar

Estação	Orientação	Hora que a face recebe incidência solar				Quantidade de horas
Auge do Verão Com horário de verão	Norte	11:00	15:30	-	-	04:30
	Sul	06:25	10:20	15:35	20:05	08:25
	Leste	06:25	13:10	-	-	06:45
	Oeste	13:15	20:05	-	-	06:50
Auge do Inverno	Norte	07:10	17:00	-	-	09:50
	Sul	-	-	-	-	00:00
	Leste	07:10	12:20	-	-	05:10
	Oeste	12:20	17:00	-	-	04:40

Fonte: O autor

As dimensões das janelas foram decididas através de duas variáveis. A primeira é a utilização da carta solar para determinar, através da intensidade das temperaturas do inverno e

verão, uma proporção de área de janela para cada face. Tal decisão é apresentada na Tabela 5. A outra é a utilização da norma NBR 15220-3 para calcular as áreas de abertura de janela máxima e mínima. Na Tabela 6 pode-se verificar as áreas calculadas pela norma, a dimensão final de cada janela e sua localização. Para a simulação também foi considerada a presença de brises de tamanho *default* nas janelas orientadas a leste e norte, as quais recebem incidência solar nos horários mais quentes.

Tabela 5 - Proporção por área de janela em cada face

Orientação	Proporção em relação ao piso
Norte	30%
Sul	20%
Leste	50%
Oeste	0%

Fonte: O autor

Tabela 6 - Dimensões das janelas

Área do piso	Área de abertura mínima de 15% (m ²)	Área de abertura máxima de 25% (m ²)	Orientação	Dimensão mínima	Dimensão máxima
26,36	3,95	6,6	Norte	1,2 x 1 m	1,2 x 1,65 m
			Sul	Duas de 0,65 x 0,6 m	Duas de 1,1 x 0,6 m
			Leste	1,2 x 1,65 m	1,2 x 2,75 m
			Oeste	-	-

Fonte: O autor

Após as decisões das dimensões e localizações das janelas serem tomadas, as simulações foram feitas para as duas propostas de dimensão de janelas e comparadas com a simulação anterior, a qual apresentava as dimensões *default* que não estavam de acordo com a norma. Do mesmo modo que nos estudos anteriores, as datas simuladas foram as de maior e menor temperatura anual.

4.6 Estudo 5 - Simulações para diferentes horários de ventilação natural

No Estudo 5 foram escolhidos três diferentes períodos para que as janelas permanecessem abertas e comparados com o período em que as janelas estavam fechadas. Os três períodos são: abrir as janelas durante o expediente, abrir as janelas no período da manhã e da tarde (7:30 - 10:00 e 15:00 - 16:30) e, por último, durante o horário sem expediente. Cada período foi simulado para as duas datas *default*.

Apesar de, na realidade, não ser viável deixar as janelas abertas durante à noite, existem alternativas para substituir essa decisão. Como, por exemplo, o uso de insufladores durante à noite que, além de fazer a troca térmica necessária, também renova o ar do ambiente.

4.7 Estudo 6 - Simulações para diferentes tamanhos de brise

Como descrito na Tabela 3, o brise utilizado no Estudo 0 foi calculado através da carta solar utilizando o cálculo para brises horizontais finitos. Para o cálculo foi considerado que o brise deveria bloquear os raios solares do solstício de verão por completo após às 11:00. Através deste cálculo foi encontrado um valor de 45 cm para o brise na fachada leste, e as demais fachadas foram desconsideradas. Em seguida, ao realizar o Estudo 4, foi adicionado um brise de 45 cm para a fachada norte, devido ao aumento significativo no tamanho da janela naquela face.

Para este estudo, foram escolhidas mais duas configurações, além da existente. A primeira é simular sem brise nenhum e a segunda aumentando o brise para 55 cm e adicionando brises laterais de 20 cm na janela da fachada norte.

4.8 Estudo 7 - Simulações para diferentes cores para as paredes externas e internas

Apesar das variáveis de absortividade e emissividade em uma superfície serem de extrema importância quando se trata da temperatura de uma superfície, essas variáveis nem sempre são consideradas nas escolhas das cores das edificações. Assim, o pretexto para o Estudo 7 é verificar a influência que as cores das superfícies tem sobre a temperatura do ambiente interno da edificação.

As simulações deste estudo também seguem as mesmas datas utilizadas nos outros estudos e avaliam a influência de três diferentes cores para as faces externas e internas.

As três cores escolhidas foram: branca, preta e vermelha. Os valores de absortividade e emissividade de cada cor são (NBR 15220-2, 2005):

- Branca: ϵ : 0,9 e α : 0,2;
- Vermelha: ϵ : 0,9 e α : 0,74;
- Preta: ϵ : 0,9 e α : 0,97.

A cor vermelha é comum em contêineres e por isso foi selecionada para simulação. Enquanto isso, as cores branca e preta foram escolhidas para avaliar o comportamento da simulação em casos com baixa e alta absortividade, respectivamente.

4.9 Estudo 8 - Simulações para diferentes configurações de cobertura

A cobertura é a parte que mais recebe radiação solar durante o dia. Contudo, como forma de facilitar e permitir mais estudos neste trabalho, no *default* foi simplificado para que a cobertura tivesse as mesmas camadas de materiais que as paredes. Desta forma, para um análise térmica mais completa, o Estudo 8 tem como objetivo focar em três diferentes configurações construtivas para a cobertura, além da já utilizada anteriormente. As configurações de cobertura são:

- Tal qual a utilizada anteriormente, porém com uma espessura maior de isolante (75 mm);
- Sem isolante e com pintura metálica no seu exterior;
- Telhado com telhas de barro, cobertura de PVC e sem isolante.

4.10 Estudo 9 - Simulação anual para a edificação otimizada

O Estudo 9 foi realizado para fazer uma comparação entre a suposição inicial e o resultado final após todas as otimizações. Para isso o presente estudo apresentou duas simulações executadas no programa Domus e suas comparações foram feitas no *software* Excel. A primeira simulação se resumiu em rodar o *default* por um ano, com o tempo de passo de 1 minuto, utilizando o isolante de lã de vidro e as demais configurações da Tabela 3. A segunda simulação foi executada utilizando as escolhas realizadas em de todos os estudos anteriores, para um ano. Na Tabela 7 é apresentado um resumo das variáveis utilizadas no último estudo.

Tabela 7 - Variáveis utilizadas no Estudo 9

Variável	Valores para a variável
Informações do contêiner	Contêiner 40' High cube de acordo com a ISO 668:2013 Simulado sem chanfrado
Datas das simulações	Ano inteiro
Isolante	Lã de Vidro
Espessura dos Isolantes	50 mm (paredes)
Orientação da fachada de entrada	Leste (Apenas uma porta)
Posição das janelas	1 x Leste 2 x Sul 1 x Norte
Tamanho das Janelas	Leste: 1,2 x 1,65 m Sul: 0,65 x 0,6 m Norte: 1,2 x 1 m
Horário de abertura das janelas	Primavera/verão: 7:30 - 16:30 Outono/inverno: 11:30 - 15:00
Brise	45 cm nas fachadas leste e norte
Cores da pintura externa	Branca ϵ : 0,9 e α : 0,2
Cores da pintura interna	Branca ϵ : 0,9 e α : 0,2
Estrutura do telhado	Somente a estrutura do contêiner e uma camada de isolante de lã de vidro de 75 mm
Iluminação	5,9 W/m ²
Condicionamento de ar	Foi atribuído uma ar condicionado tipo split para poder calcular a etiqueta RTQ-C. Foi escolhido o split AR12KPFUAWQNAZ da Samsung. É um ar quente/frio de 12000 Btu e COP de 3,27.
Ventilação mecânica	Sem ventilação mecânica
Tempo de passo	1 minuto
Dados climáticos	<i>Default</i> do programa Domus para a cidade de Florianópolis
Ocupação	Três funcionários trabalhando entre 07:30 - 16:30
Mobiliário	4x compensado de madeira de 0,2 m de espessura e 3 m ² de área 4x lâminas de alumínio de 0,2 m de espessura e 3 m ² de área
Equipamentos elétricos/eletrônicos(As potências dos equipamentos são <i>default</i> do programa Domus)	3 x Computadores (Ligados entre 7:30 - 16:30 de Segunda à Sexta) 1 x Cafeteira (utilizada por 5 minutos às 8:00 de Segunda à Sexta) 1 x Impressora pequena (Ligada entre 7:30 - 16:30 de Segunda à Sexta)

Fonte: O autor

Com o intuito de gerar um selo Procel no software ao final do estudo, foi simulado também uma configuração de iluminação que atendesse a norma NBR 8995-1, através do *software* DIALux e uma configuração de ar condicionado. Para a iluminação foram utilizados três diferentes tipos de luminárias com lâmpadas LED e ao final para atender a norma NBR 8995-1 foram necessárias sete luminárias, na qual existem três luminárias de tarefa, quatro para o ambiente comum. Os *datasheet* das luminárias estão presentes no Anexo C.

Ao final de todos os estudos, foram realizadas 68 simulações para obter todos os dados necessários para as decisões, mesmo com algumas simplificações realizadas. Cada estudo teve suas peculiaridades e tiveram alguns estudos com custos computacionais maiores que outros, assim acarretando em tempos de simulações diferentes. As simulações diárias com o tempo de passo de uma hora eram rápidas e levavam cerca de dois minutos, já as com o tempo de passo de um minuto, levavam cerca de 15 minutos para serem finalizadas. As simulações mais demoradas, as quais foram feitas para um tempo de passo de um minuto no período de um ano, foram utilizadas apenas para realização do Estudo 9, e tiveram uma duração de aproximadamente 40 minutos.

5 RESULTADOS

Os resultados, que serão apresentados no presente capítulo, foram obtidos com o auxílio do *software* Excel após o tratamento dos dados dos relatórios, de temperatura e umidade, gerados pelas simulações do programa Domus - Eletrobrás. Serão apresentadas as considerações de cada estudo realizado, assim como gráficos e tabelas, quando se fizer necessário.

5.1 Decisões *default*

A primeira decisão, tomada neste trabalho, foram as datas em que os Estudos de 1 a 8 seriam simuladas. Após extrair o arquivo climático para a cidade de Florianópolis do programa Domus, as datas encontradas, com a maior temperatura no ano e menor temperatura no ano, são respectivamente: 8 de Fevereiro e 16 de Junho. As datas foram escolhidas por serem os casos mais extremos, auxiliando assim na diferenciação entre cada configuração de estudo.

Na segunda etapa, analisou-se o prejuízo que seria trazido com as simplificações na estrutura do envoltório da edificação: paredes lisas ou chanfradas (em todas as paredes ou só onde não existem janelas e porta). Os erros encontrados para as duas configurações de contêiner, que foram comparadas com a chanfrada, não se apresentaram muito significativos e, provavelmente, existe uma grande possibilidade de esse erro aumentar dependendo das configurações que foram escolhidas. Assim, apesar de terem sido desconsiderados neste trabalho, sua menção é de grande importância. Os valores de maior variação de temperatura, representados em percentual, entre o contêiner inteiramente chanfrado e as demais configurações, se encontram na Tabela 8.

Tabela 8 - Variação da temperatura entre as diferentes configurações de contêiner

Variável	Sem chanfrado	Com partes retas para as aberturas
Maior variação	1,1965%	0,1755%
Data da maior variação	16/6 às 9:00	16/6 às 9:00
Média das variações	-0,0457%	-0,0027%

Fonte: O autor

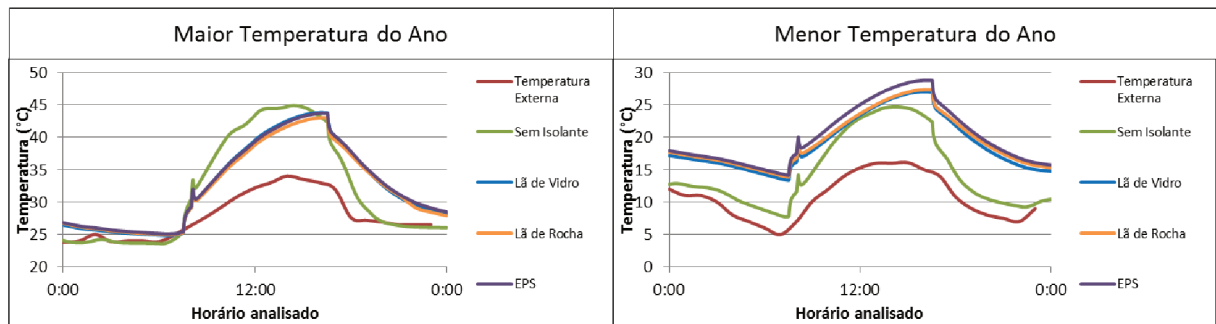
Na terceira etapa do Estudo 0 foram tomadas as decisões listadas abaixo, a fim de estabelecer a configuração *default*.

- Os isolantes utilizados foram escolhidos pela facilidade de encontrar para comprar *online* e pela baixa condutividade térmica: lã de vidro: 0,04 W/m.K, lã de rocha: 0,045 W/m.K e EPS 0,04 W/m.K (Al-Homoud, 2004);
- A espessura do isolante foi arbitrária, mas seguindo um padrão médio das disponíveis a venda em *sites online*;
- A orientação da fachada foi arbitrária;
- As janelas tiveram suas dimensões escolhidas de maneira arbitrária, porém com as proporções levando em consideração a incidência apresentada na carta solar para Florianópolis;
- O horário de abertura das janelas, o ar condicionado e a ventilação mecânica não foram definidos para verificar, neste primeiro passo, o comportamento apenas do isolante;
- O tamanho do brise foi calculado utilizando a carta solar de Florianópolis e sua utilização foi devido a norma NBR 15220-3:2005;
- As cores das paredes e a iluminação foram utilizadas como *default* para simplificar a primeira simulação, a cor *default* para paredes claras tem como características ϵ : 0,9 e α : 0,2;
- Os ganhos internos (mobiliário, ocupação e equipamentos) foram definidos para atender a um escritório com 3 pessoas, de maneira a ficar confortável, apesar do pequeno espaço.

5.2 Variação do tipo de isolante

A variável a ser avaliada neste estudo é o isolante a ser utilizado. Assim sendo, foi comparado no Estudo 1, os as três simulações, com as mesmas configurações, alterando apenas o isolante. A Figura 9 representa graficamente e compara os diferentes isolantes para os dois períodos escolhidos.

Figura 9 - Comportamento da temperatura de diferentes envelopes em edificação contêiner



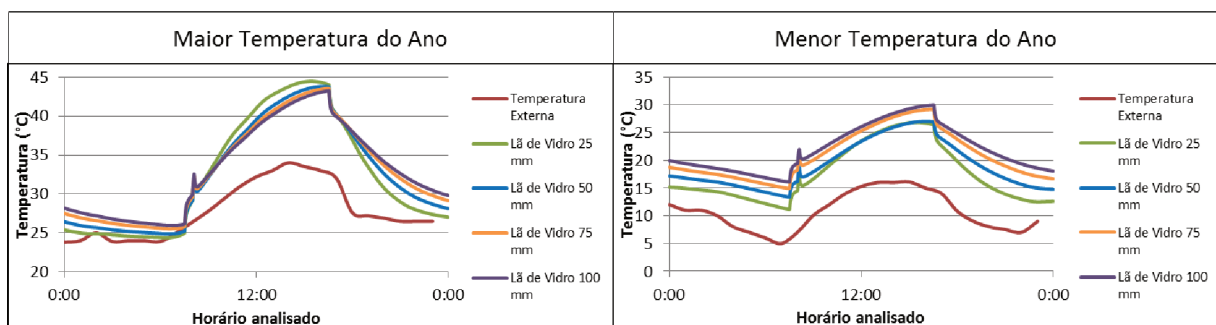
Fonte: O autor

Após analisar os gráficos, e juntamente como as características apresentadas no Anexo D de cada isolante, como resistência a fogo e durabilidade, o isolante escolhido para continuar nos próximos estudos foi a lã de vidro.

5.3 Variação da espessura do isolante

Assim como foi realizado para a variação dos isolantes, as variações das temperaturas, ao longo das datas *default*, foram representadas graficamente, na Figura 10. As simulações foram realizadas para o isolante lã de vidro com as espessuras de 25, 75 e 100 mm e comparadas com a espessura de 50 mm já simulada no estudo anterior.

Figura 10 - Comportamento da temperatura de diferentes espessuras para o isolante lã de vidro



Fonte: O autor

Ao fazer a comparação, pode ser verificado que a diferença entre eles é pequena, pois a menor espessura já impede de maneira eficiente a influência externa e o aumento de temperatura interna é devido as cargas internas como os equipamentos eletrônicos e as pessoas. Uma característica interessante é que, apesar de possuírem uma curva parecida, quanto mais espessa a camada do isolante mais suave sua curva e menor é a variação térmica.

Assim, a espessura escolhida foi a de 50 mm, pois sua curva é próxima das de maiores espessuras e ainda sim é mais eficiente que a de 25 mm para os dias de maior temperatura.

5.4 Orientação da fachada

Para o cálculo do desempenho térmico da orientação da fachada, foram considerados quatro casos. Apesar da quantidade de incidência solar em alguns casos ser um pouco maior, não foi percebida uma grande diferença de temperatura entre cada caso. Os poucos pontos que tiveram uma diferença maior não chegaram próximos de a um grau.

Desse modo, apesar de serem semelhantes, a orientação foi mantida para a decisão inicial com a fachada direcionada para Leste. O motivo foi que, apesar de ter uma diferença nos horários de maior temperatura externa, ela se manteve um pouco abaixo das demais temperaturas, chegando a uma diferença de apenas 1 %.

5.5 Dimensionamento e posicionamento das janelas

A influência na orientação das janelas foi determinada através do número de horas que cada face recebia incidência solar e, com o auxílio da carta solar de Florianópolis, a intensidade dessa incidência. Na Tabela 9 é possível visualizar o horário que cada face recebeu raios solares de forma direta para as datas de solstício de verão e de inverno.

Tabela 9 - Horários de incidência solar direta em cada face

Data	Orientação	Hora que a face recebe incidência solar				Quantidade de horas
21 de Dezembro Com horário de verão	Norte	11:00	15:30	-	-	4:30
	Sul	6:25	10:20	15:35	20:05	8:25
	Leste	6:25	13:10	-	-	6:45
	Oeste	13:15	20:05	-	-	6:50
	Norte	7:10	17:00	-	-	9:50
21 de Junho	Sul	-	-	-	-	0:00
	Leste	7:10	12:20	-	-	5:10
	Oeste	12:20	17:00	-	-	4:40

Fonte: O autor

Uma sugestão para a orientação foi escolhida após analisar a intensidade e duração da incidência em cada face. A decisão se baseou em ter baixa incidência solar nos horários mais

quentes do verão e o máximo de incidência possível durante o inverno, conforme as diretrizes apresentadas, para a zona bioclimática 3, na norma NBR 15220-3:2005.

Assim, foi decidido que as fachadas que teriam janelas seriam as fachadas Leste, Norte e Sul, com proporções, respectivamente, de 50%, 30% e 20% da área total de abertura, calculada na próxima etapa.

A segunda etapa do Estudo 4, foi dimensionar a área de abertura da edificação, seguindo diretrizes da norma NBR 15220-3 (2005). Para calcular as áreas máxima e mínima, estabelecidas pela norma, foi utilizado entre 25 e 15% da área do piso. A Tabela 10 apresenta a área do piso e as áreas de abertura mínima e máxima, bem como, as dimensões de janela para cada fachada, seguindo a proporção sugerida na etapa anterior.

Tabela 10 - Dimensionamento das áreas de abertura

Área do piso (m ²)	Área de abertura mínima (m ²)	Área de abertura máxima (m ²)	Orientação	Dimensões mínimas (m)	Dimensões máximas (m)
26,36	3,95	6,6	Norte	1,2 x 1	1,2 x 1,65
			Sul	Duas de 0,65 x 0,6	Duas de 1,1 x 0,6
			Leste	1,2 x 1,65	1,2 x 2,75
			Oeste	-	-

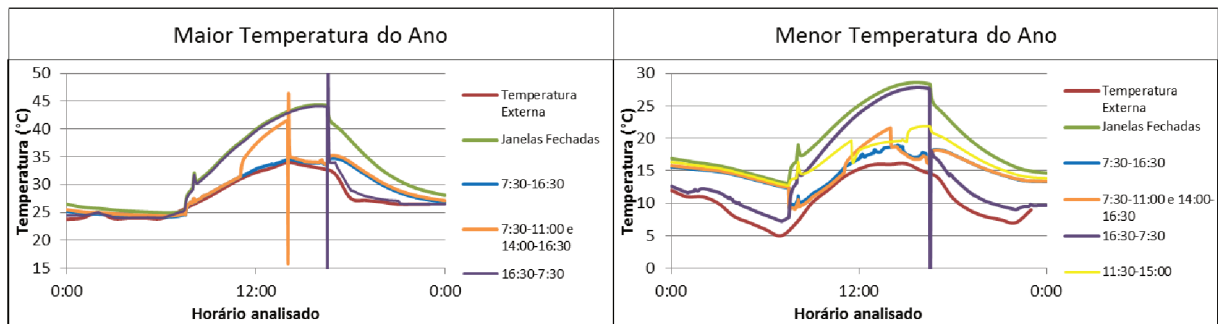
Fonte: O autor

A última etapa do estudo foi simular a edificação com as duas configurações mínima e máxima e comparar com o *default*, que não estava de acordo com a norma. Após a simulação, foi constatado pela segunda vez um caso que não apresentou uma alteração significativa na temperatura. Desta forma, a opção escolhida foram as janelas com as menores dimensões exigida pela norma.

5.6 Ventilação natural

Como forma de avaliar o desempenho térmico, e para atender exigências de saúde, foi simulada a abertura das janelas para três períodos do dia. Durante momentos onde ocorre a ventilação natural, a temperatura é modificada de forma considerável. De certa forma, a abertura das janelas em horários de alta temperatura pode ser um grande problema em edificações com isolantes térmicos, e isso pôde ser constatado durante as simulações do Estudo 5. A Figura 11 demonstra graficamente as simulações realizadas.

Figura 11 - Comportamento da temperatura com abertura das janelas em diferentes horários



Fonte: O autor

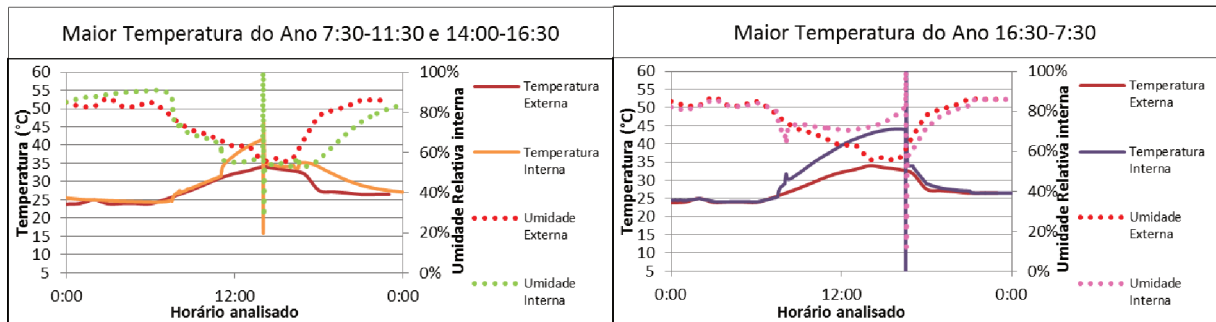
Como pode ser observado, ao se abrir as janelas a temperatura tende para a curva da temperatura externa, dessa forma, o ideal é utilizar ventilação natural, para os dias quentes, nos horários onde a temperatura interna está superior a externa e, para dias frios, manter as janelas fechadas para reter o calor interno.

Desta forma, a melhor opção, é manter as janelas abertas nos horários quentes, onde a temperatura interna está superior a externa. Ao realizar essa escolha, é possível verificar que as curvas da temperatura interior e exterior permanecem próximas.

Outra escolha feita foi simular um quinto horário para os dias frios, abrindo apenas as janelas da face Norte e uma da face Sul entre os horários 11:30 à 15:00. O motivo foi para reduzir um pouco a perda do calor do ambiente interno ao externo, e ao mesmo tempo possuir uma renovação do ar para fins de saúde e higiene. Apesar de o ideal ser abrir as janelas apenas para os dias frios, devido a limitações do programa, a maneira possível foi dividir entre as estações, assim, a partir desse estudo, foram utilizados dois horários diferentes para os dias de primavera/verão e outono/inverno.

Nos gráficos, é possível verificar picos anormais de temperatura por breves momentos em algumas curvas. Estes picos ocorrem quando existe a queda abrupta da umidade relativa interna ao abrir as janelas, como verificado na Figura 12, e dura apenas três minutos antes de estabilizar.

Figura 12 - Influência da abertura das janelas na umidade interna



Fonte: O autor

5.7 Brises

Para a análise do Estudo 6, foi considerada a utilização de um brise maior que o *default* e sem o brise. Novamente, não houve uma semelhança substancial entre os resultados, existindo uma diferença apenas para os dias frios, onde a o caso sem brise se manteve com a temperatura um pouco superior.

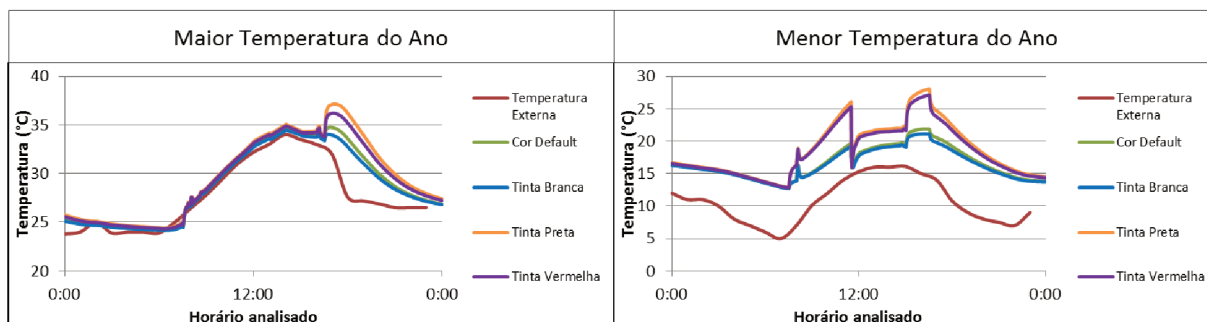
Ao contrário do esperado, a diferença entre a ausência dos brises e a alteração das dimensões, não teve um impacto significativo na temperatura interna. Dessa forma, a escolha do brise, se resumiu em optar por um menor custo de instalação. Sendo assim, a configuração escolhida foi retirar todos os brises.

5.8 Simulação de diferentes cores nas paredes externas e internas

Após as simulações das três diferentes cores de parede, assim como esperado, devido a radiação solar direta ter muito mais energia, a absorvidade da face que recebe essa energia precisa possuir uma baixa absorvidade para manter uma temperatura interna mais baixa. Assim a escolha da pintura exterior é de grande importância e a da parede interna é importante para a iluminação, visto que, paredes com alta absorvidade possuem um impacto negativo na iluminação do ambiente.

A simulação, que apresenta a influência das cores da parede externa na temperatura interna, pode ser observada na Figura 13.

Figura 13 - Influência das cores da parede externa na temperatura interna



Fonte: O autor

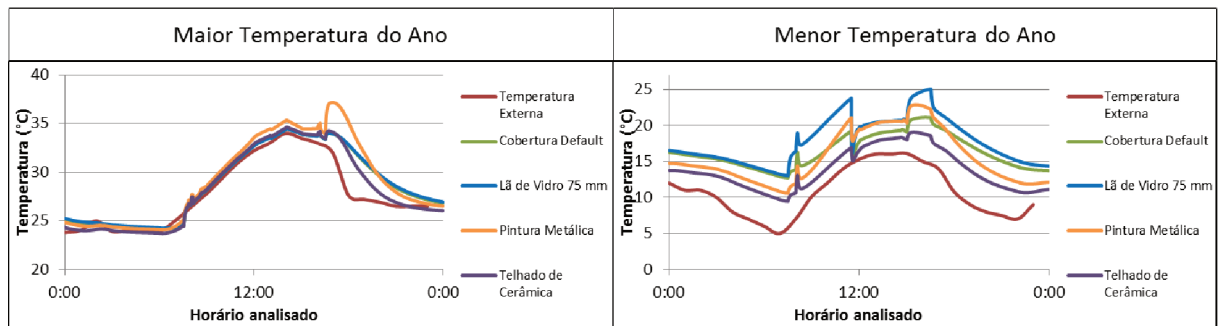
Como verificado através dos gráficos da Figura 13, as faces pintadas com cores de maior absorvidade possuem as maiores temperaturas internas e por isso as cores branca e *default* de cores claras, do programa Domus (ϵ : 0,9 e α : 0,2), apresentaram curvas com menores temperaturas internas. Assim, a coloração da parede escolhida pelo estudo é a de cor branca.

5.9 Cobertura

Através das simulações das diferentes configurações de cobertura, foi possível verificar o comportamento da temperatura interna devido à influência da temperatura externa juntamente com a radiação solar. Dito isso, para dias quentes, a ausência de um isolamento na cobertura resultou em um aumento não desejado da temperatura interna, sendo o motivo de não ser uma boa opção de escolha, já as demais configurações não tiveram uma grande diferença.

Já o aumento da espessura do isolante agiu de maneira esperada, ou seja, agiu de maneira semelhante a espessura anterior, mas sua vantagem foi que para o dia de menor temperatura, é possível notar que o mesmo retém melhor o calor. A Figura 14 demonstra graficamente todas as menções deste tópico.

Figura 14 - Influência da cobertura na temperatura interna



Fonte: O autor

Após uma análise dos resultados, a configuração com o isolante de 75 mm de espessura, foi a escolha de cobertura.

5.10 Comparação entre a edificação *default* e a otimizada

A partir das decisões tomadas ao longo do trabalho, foi realizada uma comparação entre a configuração otimizada construída com os resultados dos estudos e suposição inicial do *default* sem nenhum isolante.

Após a simulação foi constatado que os dados obtidos seriam muito extensos para serem colocados em apenas um gráfico, assim, a alternativa encontrada, foi comparar o conforto térmico em cada caso. Para esta comparação, foi utilizado um intervalo entre 18 e 26 °C sendo a zona de conforto, assim como adotado por LAMBERTS (2010b).

A comparação foi realizada estudando o tempo em que cada configuração permaneceu na zona de conforto. Da mesma forma, também foi comparado o período em que as configurações se mantiveram acima de 26 °C e abaixo de 18 °C. Por último, outras informações como: maior e menor temperatura e média das temperaturas, também foram consideradas. As próximas tabelas apresentam de forma resumida os resultados da comparação. Para uma comparação gráfica entre as curvas mensais de cada edificação verificar o APÊNDICE A. A Tabela 11 apresenta essa comparação, de forma anual, em que as edificações se encontram nos intervalos de temperaturas de conforto térmico.

Tabela 11 - Comparação do período de conforto térmico entre o *default* e o estudo otimizado

Anual	Conforto Térmico entre 18 e 26 °C	Acima de 26 °C	Abaixo de 18 °C
<i>Default</i>	47,95%	33,80%	18,25%
Estudo 9	68,42%	21,18%	10,40%
<i>Default (Durante Expediente)</i>	22,52%	74,29%	3,19%
Estudo 9 (Durante Expediente)	59,33%	32,61%	8,06%
Primavera/Verão	Conforto Térmico entre 18 e 26 °C	Acima de 26 °C	Abaixo de 18 °C
<i>Default</i>	50,82%	44,37%	4,81%
Estudo 9	63,03%	35,94%	1,03%
<i>Default (Durante Expediente)</i>	7,72%	92,23%	0,05%
Estudo 9 (Durante Expediente)	44,83%	54,50%	0,66%
Outono/Inverno	Conforto Térmico entre 18 e 26 °C	Acima de 26 °C	Abaixo de 18 °C
<i>Default</i>	45,12%	23,41%	31,47%
Estudo 9	73,72%	6,65%	19,63%
<i>Default (Durante Expediente)</i>	36,76%	57,02%	6,22%
Estudo 9 (Durante Expediente)	73,28%	11,55%	15,17%

Fonte: O autor

Outros dados retirados do estudo das temperaturas internas das simuladas também é verificado na Tabela 12.

Tabela 12 - Dados de temperaturas retirados do Estudo 9

Anual	Maior Temperatura (°C)	Menor Temperatura (°C)	Média da Temperatura (°C)
<i>Default</i>	45,26	7,93	24,29
Estudo 9	39,87	5,94	22,96
<i>Default (Durante Expediente)</i>	45,27	7,98	30,19
Estudo 9 (Durante Expediente)	39,87	5,94	23,95
Primavera/Verão	Maior Temperatura (°C)	Menor Temperatura (°C)	Média da Temperatura (°C)
<i>Default</i>	45,27	13,12	27,01
Estudo 9	39,87	13,41	25,02
<i>Default (Durante Expediente)</i>	45,27	16,28	33,78
Estudo 9 (Durante Expediente)	39,87	13,41	26,33

Tabela 12 - Dados de temperaturas retirados do Estudo 9

Outono/Inverno	(conclusão)		
	Maior Temperatura (°C)	Menor Temperatura (°C)	Média da Temperatura (°C)
Default	39,59	7,93	21,61
Estudo 9	31,80	5,94	20,94
Default (Durante Expediente)	39,59	7,98	26,74
Estudo 9 (Durante Expediente)	31,80	5,94	21,66

Fonte: O autor

Como pode ser percebido ao analisar os resultados, as escolhas refletiram em uma menor variação da temperatura interna, uma redução da maior temperatura de 45 °C para 40 °C e no aumento do período de conforto térmico, para o horário de expediente anual, de 22,5% para 59%.

Porém, apesar de ter tido um melhor desempenho, a configuração otimizada ainda necessita de uma forma artificial de condicionamento de ar, visto que apesar de possuir um bom envelope o problema do aumento da temperatura interna também é causado pelo calor gerado dos ganhos internos.

Existem outras alternativas que poderiam ter sido escolhidas de forma diferente ao longo do trabalho, tornando assim, o presente trabalho em apenas um dos vários caminhos que poderiam ter sido seguidos.

Por último, uma forma escolhida para verificar a qualidade da edificação, foi utilizar outro recurso do programa Domus, a simulação dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C, para o cálculo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE. Essa etiqueta faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem, e tem como principal objetivo, informar a eficiência energética da edificação. Como forma de finalizar os resultados, é possível verificar abaixo, a Figura 15, que apresenta a etiqueta para o caso otimizado deste último estudo.

Figura 15 - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para estabelecimentos comerciais



Fonte: Domus, 2014

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve o propósito de simular diferentes considerações para o aprimoramento de uma edificação contêiner para fins comerciais, o qual é uma excelente forma de reduzir os resíduos sólidos em construções, bem como uma alternativa sustentável para contêineres ao fim de sua vida útil como transporte de carga. Para isso, o trabalho foi dividido em dez estudos que simulavam o desempenho térmico de cada condição alterando alguns elementos construtivos, algumas rotinas da ventilação natural, a orientação das aberturas e da fachada. O intuito de cada simulação foi compreender o efeito causado à temperatura interna da construção e consequentemente em maiores períodos de conforto térmico.

Ao analisar os resultados dos estudos, percebe-se que os parâmetros operacionais e estruturais, bem como variáveis comportamentais avaliadas neste trabalho tem uma influência diferente na temperatura interna. Sendo assim, são inúmeras as maneiras de se alterar a eficiência térmica de uma edificação. O caminho seguido por este trabalho teve o propósito de manter a temperatura interna, pelo maior tempo possível, dentro do conforto térmico para os dias quentes. Porém, existiram escolhas que não se fizeram necessárias, por alterar minimamente a curva diária da temperatura interna.

Avaliando as configurações do envelope, percebe-se que quanto maior a espessura do isolante, menor será a variação da temperatura interna. Entretanto, a variação entre eles é mínima, visto que a temperatura interna também reflete o calor gerado pelos ganhos internos. Assim, para as paredes foi utilizada a espessura de 50 mm. Para o telhado, já que o estudo foi posterior a várias outras decisões tomadas, foi melhor aumentar a espessura para 75 mm.

Através dos estudos da ventilação natural, verificou-se que a melhor configuração para os dias quentes seria a abertura das janelas no horário de expediente, pois a temperatura interna está superior a externa. Já para os dias de frios a melhor escolha foi a abertura das janelas, no período mais quente do dia, apenas como forma de renovação do ar. Assim, foi feita uma diferenciação das aberturas das janelas para as estações primavera/verão e outono inverno.

Em relação às demais variáveis, a análise da cor da parede ajudou um pouco na diminuição da temperatura interna máxima e não alterou de forma substancial as baixas temperaturas. Já o estudo dos brises, não foi significativo, tanto que a opção escolhida foi de retirar o brise *default* apenas para aumentar minimamente a temperatura interna em dias frios.

Todas as escolhas nos Estudos de 0 ao 8, foram para formar a melhor configuração possível para a edificação. Analisando a comparação térmica entre o modelo *default* e o otimizado, é possível notar uma melhora. Antes das mudanças, a temperatura interna alcançava temperaturas um pouco mais elevadas. Já o modelo otimizado, apresentou uma melhora, visto que, para o horário de expediente, o conforto térmico é alcançado em quase 60% do ano em comparação aos 23% da configuração *default*.

Ao fim dos resultados, pode-se afirmar que a ventilação natural, foi a variável que teve o maior impacto para a otimização da edificação para a cidade de Florianópolis, e que, para atingir o conforto térmico ao longo de todo o ano, é preciso um condicionamento de ar artificial.

Em relação à utilização do software, para alguns parâmetros numéricos, foram utilizados os sugeridos pelo Domus e acredita-se que possam trazer algumas incertezas aos resultados obtidos. Um exemplo é o valor do o refino da malha para cada elemento do envelope, para qual o Domus calcula e sugere um valor. A sensibilidade dos resultados em relação a este parâmetro foi avaliada e os resultados encontrados com valores escolhidos pelo usuário foram diferentes dos esperados. Desta forma, optou-se por usar a sugestão do Domus.

Outro resultado que apresentou grande ligação às variáveis numéricas escolhidas (no caso o tamanho do passo), foi o comportamento térmico correspondente à abertura das janelas em um dia quente quando a umidade interna está muito mais elevada e a interior. A resposta obtida apresentou um pico que é sensível à redução do tamanho de passo. Uma ressalva importante para ser considerada neste trabalho, é que todas as escolhas feitas poderiam ter seguido por outro caminho e, por consequência, obter uma proposta de otimização diferente da apresentada. Isso porque, existem inúmeras formas de se melhorar a condição térmica de uma edificação.

Por fim, o trabalho trouxe um caminho de como otimizar uma edificação contêiner, e mostrou que não é qualquer configuração de isolamento que irá trazer conforto para o usuário, são necessários vários fatores, incluindo o comportamento do usuário. Como continuidade ao trabalho realizado, poderiam ser feitos novos estudos seguindo caminhos e maneiras diferentes de buscar a eficiência térmica da edificação. Uma alternativa seria realizar a avaliação da influência de outras variáveis e parâmetros da edificação que não foram as escolhidas na otimização realizada neste trabalho ou então uma nova otimização, que tenha como objetivo minimizar o consumo de energia elétrica necessária para climatizar de maneira artificial o ambiente interno e assim, proporcionar o conforto térmico.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

ABNT. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

ABNT. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

AL-HOMOUND, M. S. Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. **Building and Environment**, Dhahran, Arabia Saudita, v. 40, n. 3, p. 353-366, março 2005.

ANALYSIS SOL-AR. Versão 6.2. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>>. Acesso em 12 fev. 2018.

AQUINO, A. A. L. de. **Canteiro de obras em construção: o container naval adaptado à arquitetura**. 2016. 229f. Dissertação (Mestrado Profissional em Arquitetura, Projeto e Meio Ambiente) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **Handbook-Fundamentals**, Atlanta: ASHRAE, 1993.

ANSI/ASHRAE - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE/AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE 55-2004**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2004.

BRASIL. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Brasília, DF, 2012.

CARBONARI, Luana Toralles; BARTH, Fernando. **Reutilização de contêineres padrão ISO na construção de edifícios comerciais no sul do Brasil**. PARC - Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 6, n. 4, p. 255-265, dez. 2015. ISSN 1980-6809. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8641165>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 17 jul. 2002.

DIALUX EVO. Version 8. DIAL. Disponível em : <
<https://www.dial.de/en/software/dialux/download/>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

Domus – Eletrobras 2014. Versão 2.3.0. Curitiba: LST – LABORATÓRIO DE SIMULAÇÕES TÉRMICAS. Curitiba, PR, 22 de maio de 2014. Disponível em: <
<http://domus.pucpr.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 668** - Series 1 freight containers – Classification, dimensions and ratings. Genebra, 2005. 31p.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa eficiente: Bioclimatologia e desempenho térmico.** 1. ed. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010. v. 1. 123p.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa eficiente: Simulação computacional do desempenho termo-energético.** 1. ed. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010. v. 1. 53p .

LST – LABORATÓRIO DE SIMULAÇÕES TÉRMICAS. **Manual do usuário Domus - Procel Edifica:** Software de simulações higrotérmicas e energética de edificações. Versão 1.9.8. Curitiba, PR, 19 de mar. de 2013.

MARQUES, R. B.; FEHR, M. **Resíduos da Construção Civil em Araguari-MG: do diagnóstico à proposta de um modelo gerencial proativo.** Dissertação (Mestrado em Engenharias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007. p. 174.

MENDES, N.; OLIVEIRA, Ricardo C L F ; SANTOS, G. H. **Domus 2.0: A Whole-Building Hygrothermal Simulation Program.** In: Building Simulation 2003, 2003, Eindhoven - Netherlands. Proceedings of the 8th International Building Performance Simulation Association (IBPSA), 2003. v. 1.

MILANEZE, G. L. S.; BIELSHOWSKY, B. B.; BITTENCOURT, L. F.; SILVA, R.; MACHADO, L. T. **A utilização de containers como alternativa de habitação social no município de Criciúma/SC.** In: 1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense, 2012, Criciúma. Revista Técnico-Científica (IFSC). Florianópolis: IFSC, 2012. v. 3.

PEREIRA, F. G. **Cálculo de carga térmica de uma edificação utilizando o software Domus.** UFV, Viçosa, MG, 2014.

PONTES, D. F. **Construção de casas em contentor proposta de solução.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.

ROMANO, Leonora; DE PARIS, Sabine Ritter; NEUENFELDT JÚNIOR, Alvaro Luiz. **Retrofit de contêineres na construção civil.** Labor e Engenho, Campinas, SP, v. 8, n. 1, p. 83-92, fev. 2014. ISSN 2176-8846. Disponível em: <
<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/225>>. Acesso em: 24 abr. 2018. doi:<https://doi.org/10.20396/lobore.v8i1.225>.

SANTOS, G. H. dos; MENDES, N.; PARISE, I. E. **Comparação entre Programas de Simulação para Análise de Comportamento Térmico de Edificações.** In: CLACS'04 - ENTAC'04, 2004, São Paulo. Anais do 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído e I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável. Porto Alegre: ANTAC, 2004. v. 1. p. 1-8.

SMITH, J. D. **Shipping containers as building components.** Inglaterra: Creative Commons, abril 2006. 158p.

SOUZA, I. L. S. **T-house: Residências Container.** 2015. Monografia – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2015. 121 p.

UNECE - UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. **IMO/ILO/UNECE Code of practice for packing of cargo transport units (CTU Code).** 2014. 127p.

APÊNDICE A – Resultados mensais da comparação da edificação *default* e otimizada

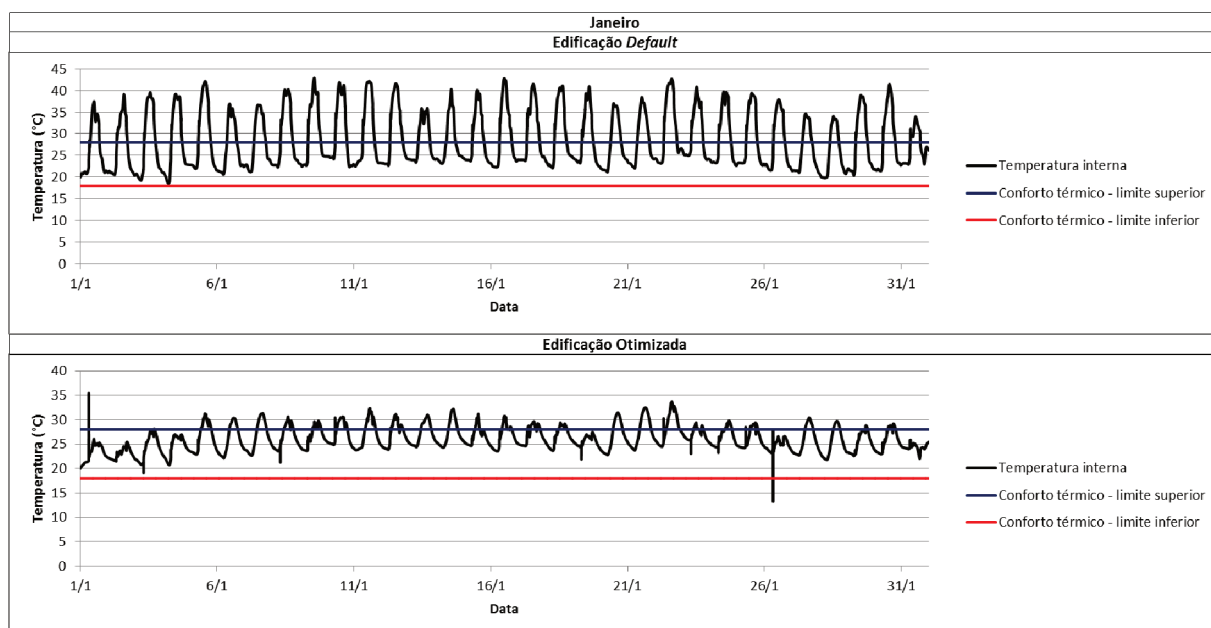


Figura 1 – Comparação para o mês de Janeiro

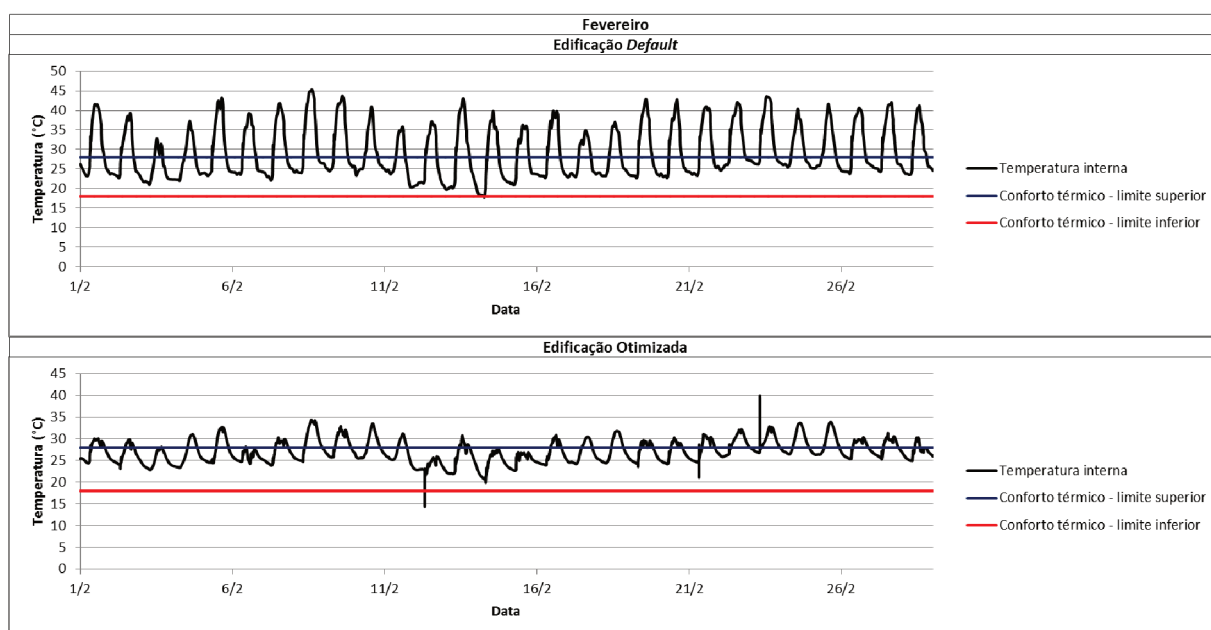


Figura 2 – Comparação para o mês de Fevereiro

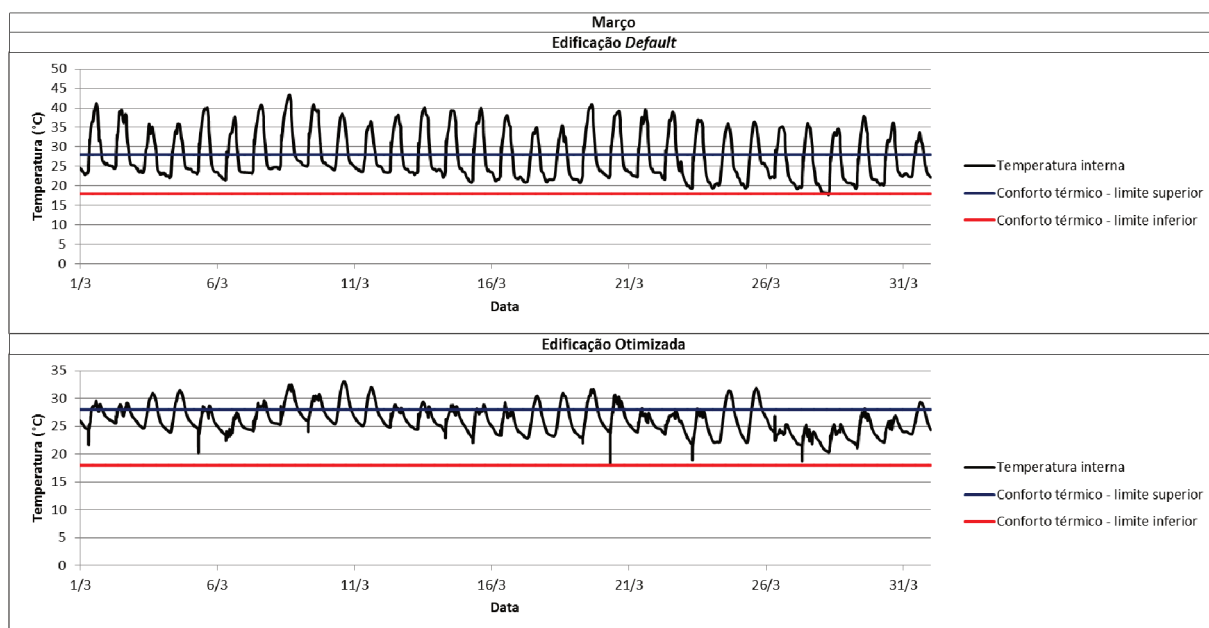


Figura 3 – Comparação para o mês de Março

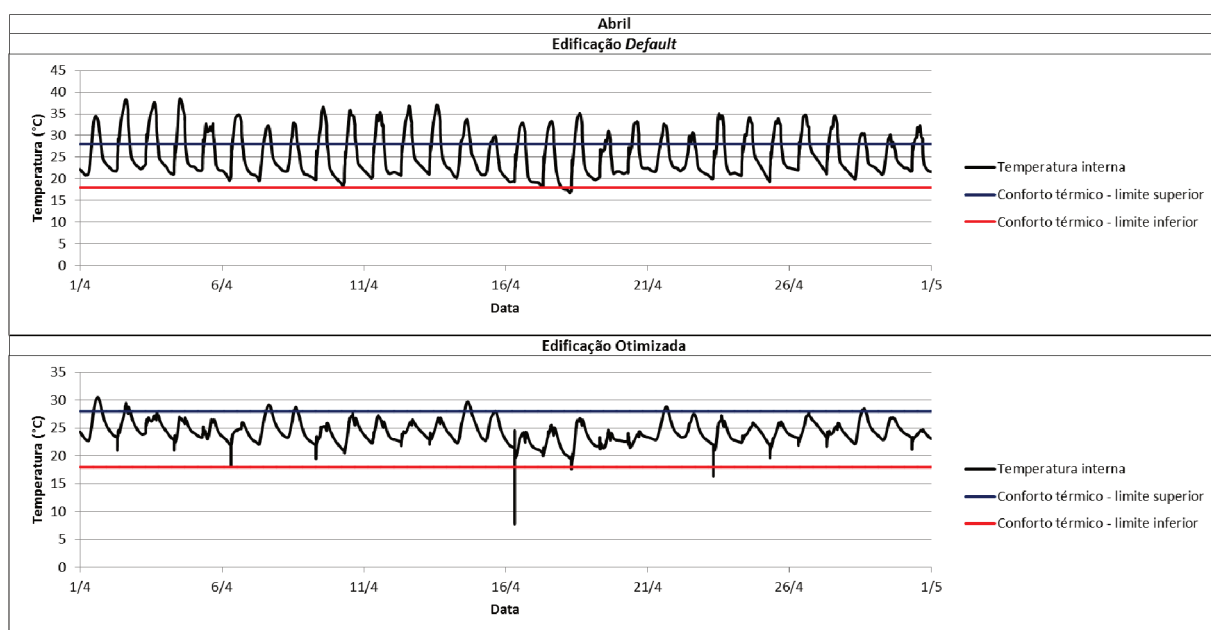


Figura 4 – Comparação para o mês de Abril

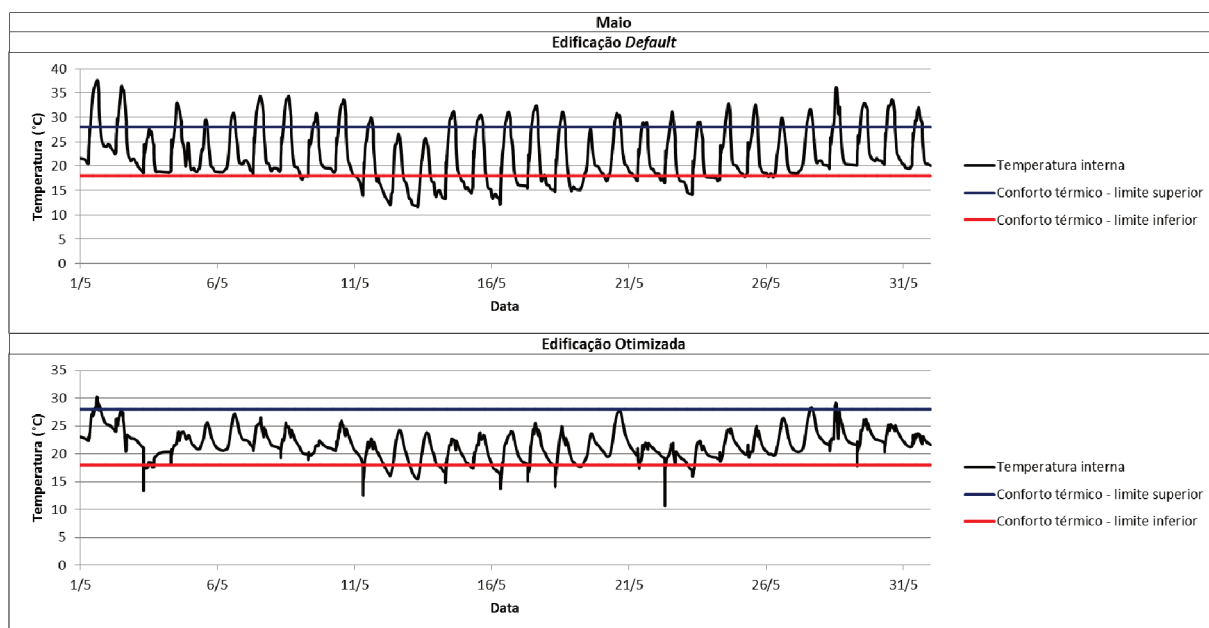


Figura 5 – Comparação para o mês de Maio

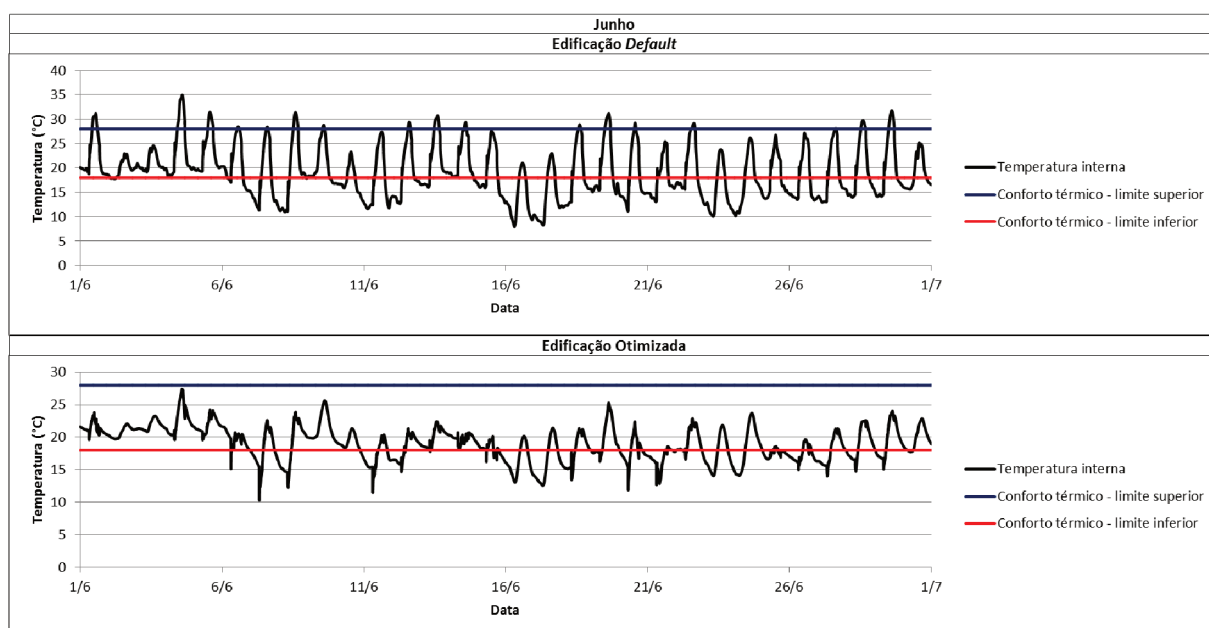


Figura 6 – Comparação para o mês de Junho

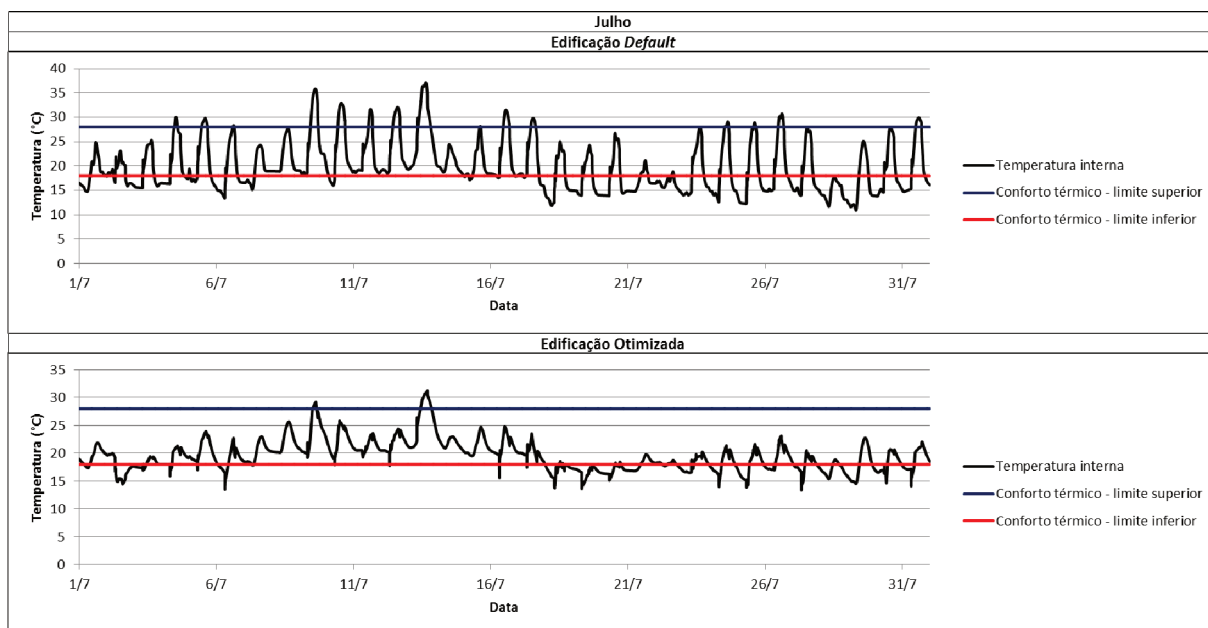


Figura 7 – Comparação para o mês de Julho

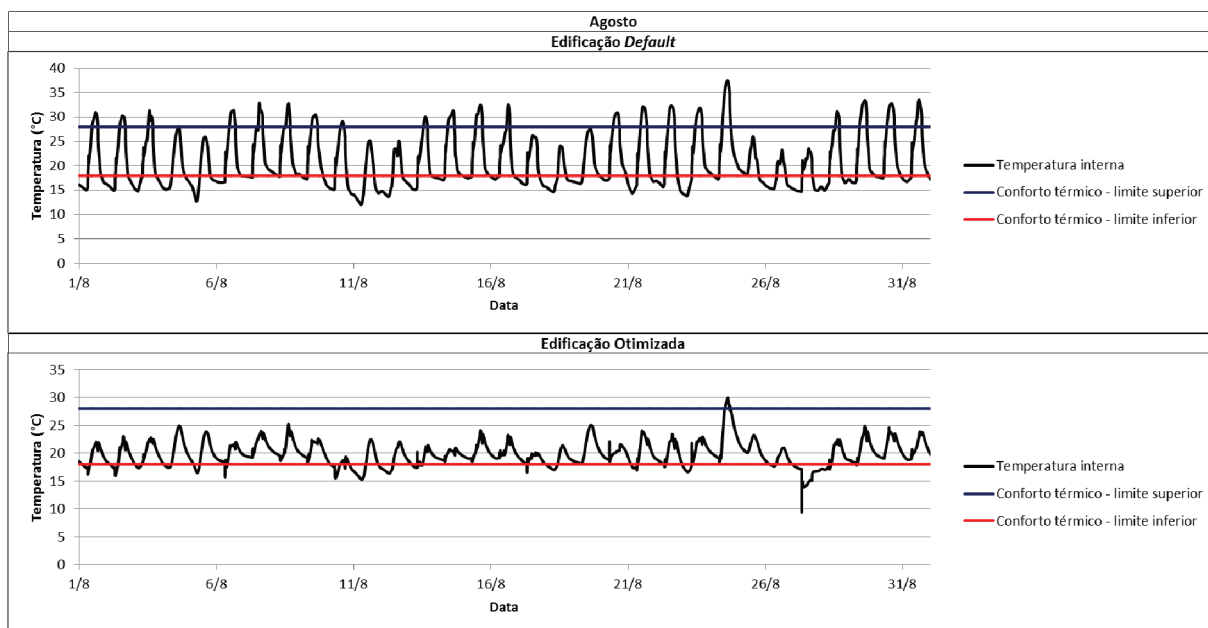


Figura 8 – Comparação para o mês de Agosto

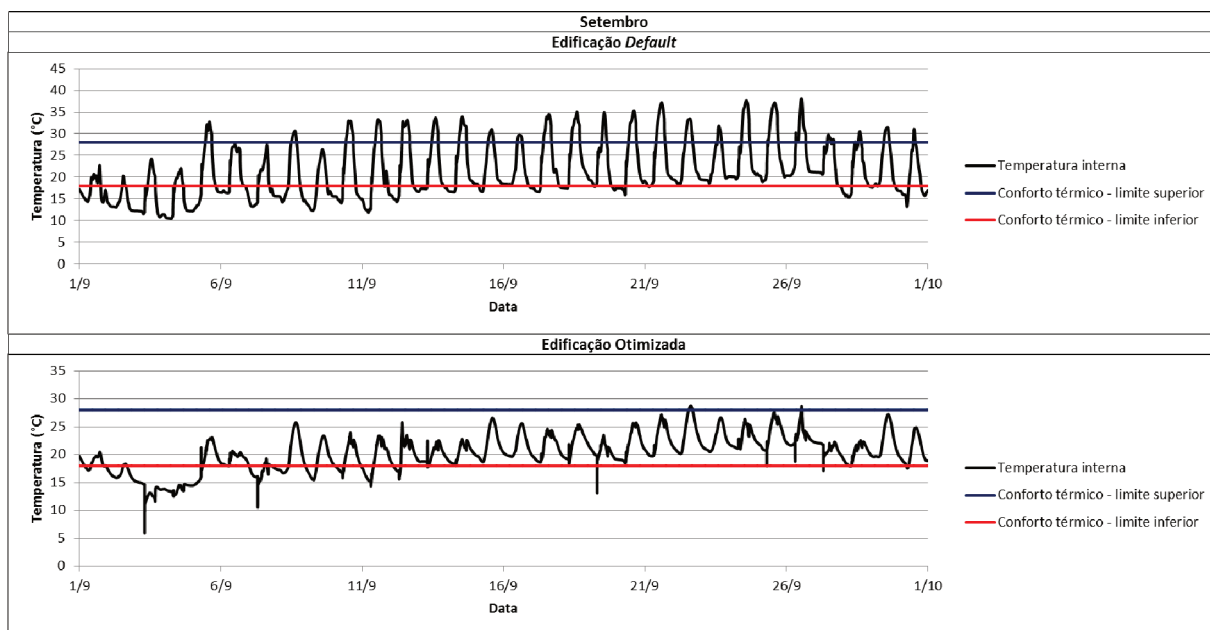


Figura 9 – Comparação para o mês de Setembro

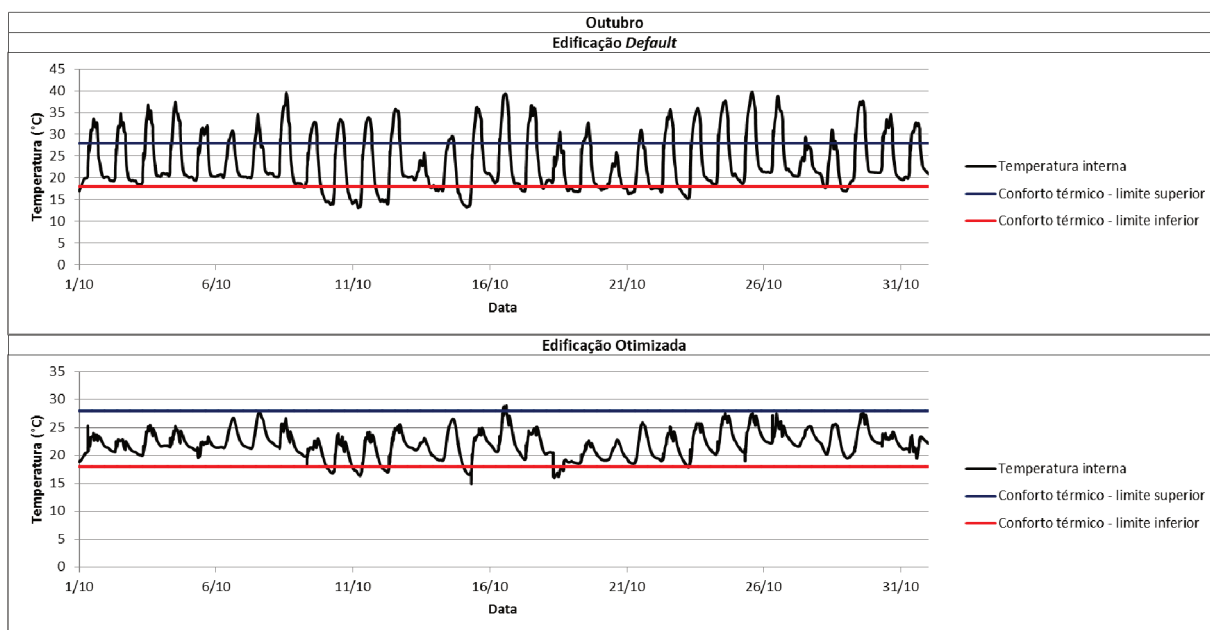


Figura 9 – Comparação para o mês de Outubro

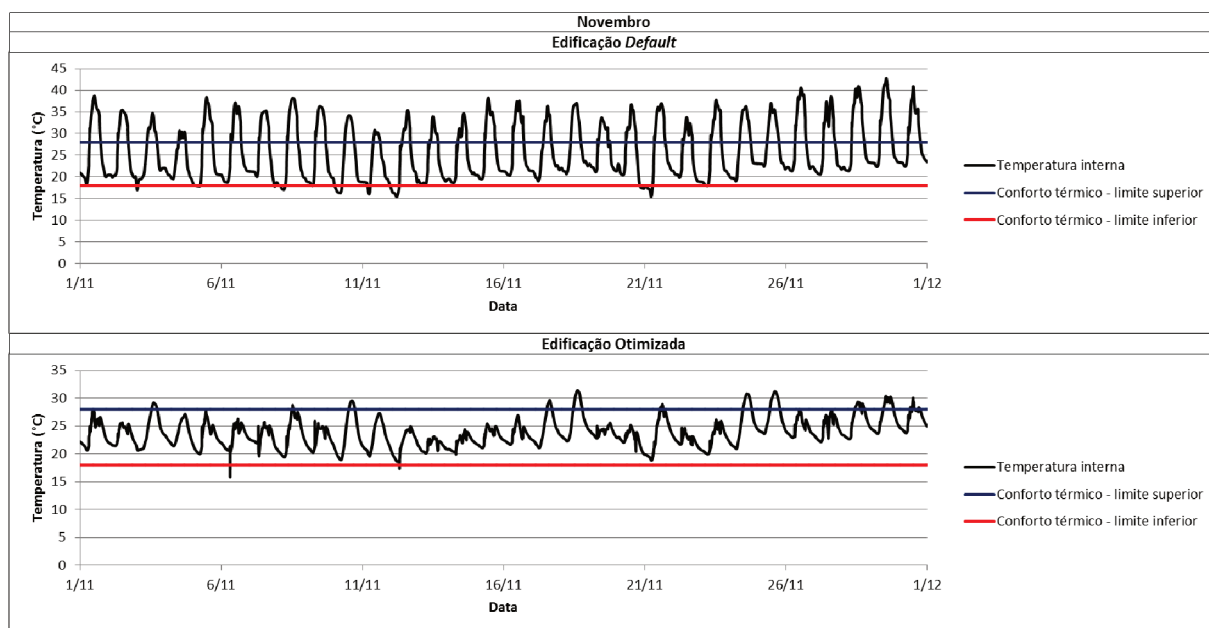


Figura 10 – Comparação para o mês de Novembro

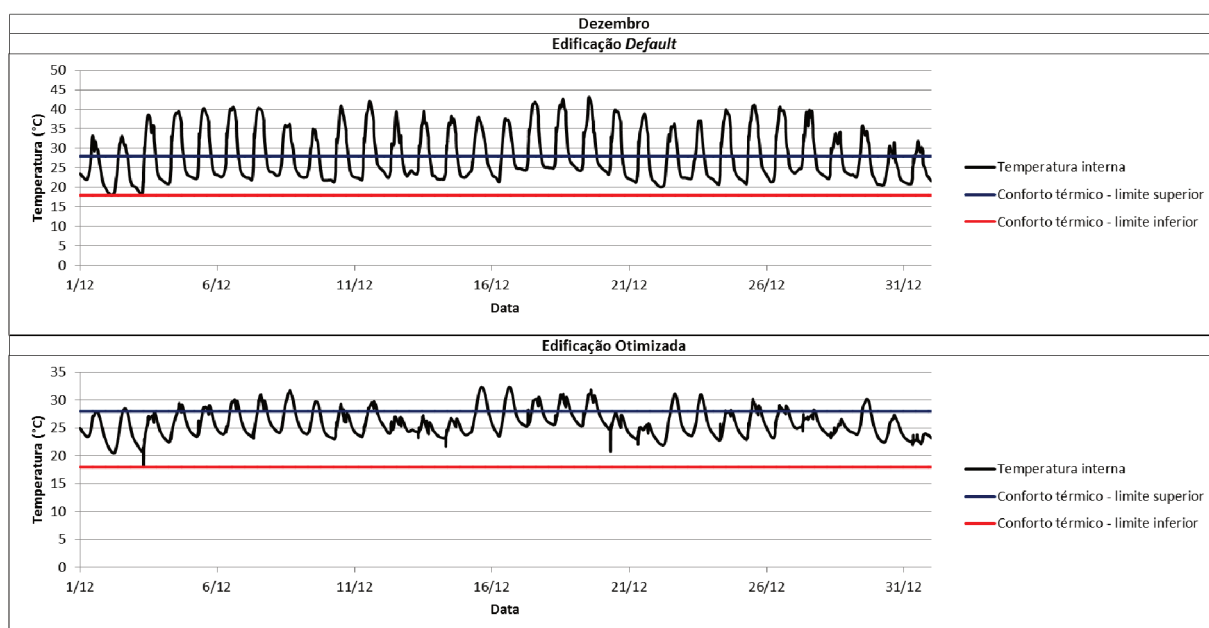
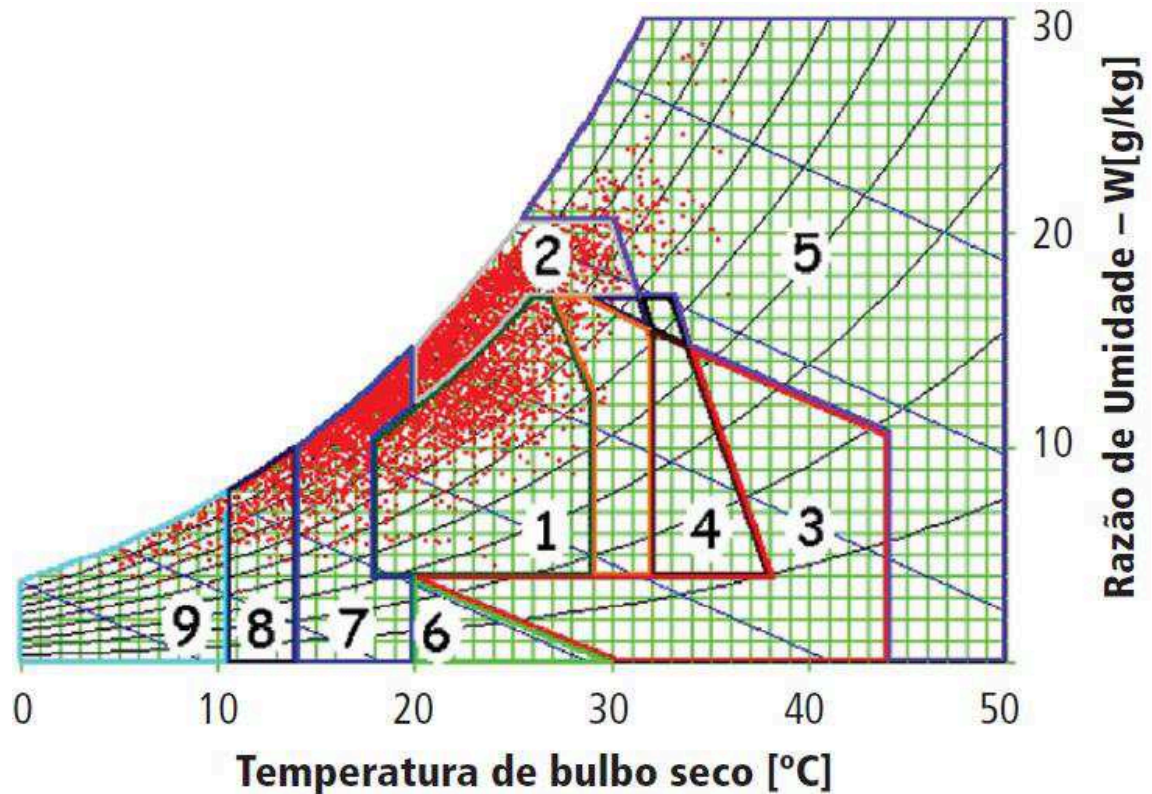


Figura 11 – Comparação para o mês de Dezembro

ANEXO A - Carta psicrométrica de Florianópolis



- 1) Conforto – 20,8%
- 2) Ventilação – 35,5%
- 4) Ventilação/massa térmica para resfriamento / resfriamento evaporativo – 0,9%
- 5) Condicionamento artificial – 1,7%
- 7) Massa térmica para aquecimento / aquecimento solar passivo – 35,4%
- 8) Aquecimento solar passivo – 3,8%
- 9) Aquecimento artificial – 1,5%

ANEXO B - Carta solar de Florianópolis

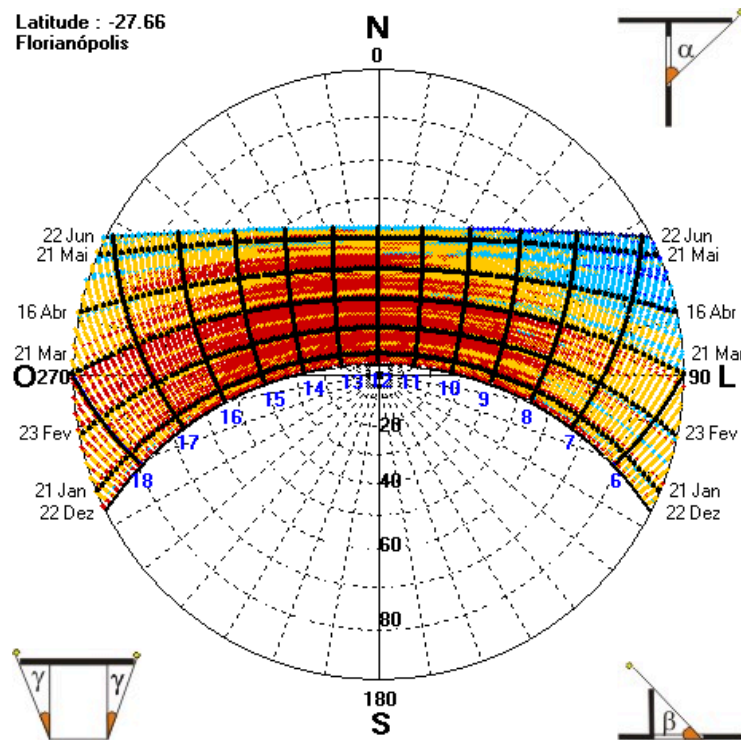


Figura 1 – Temperaturas até 21 de Junho

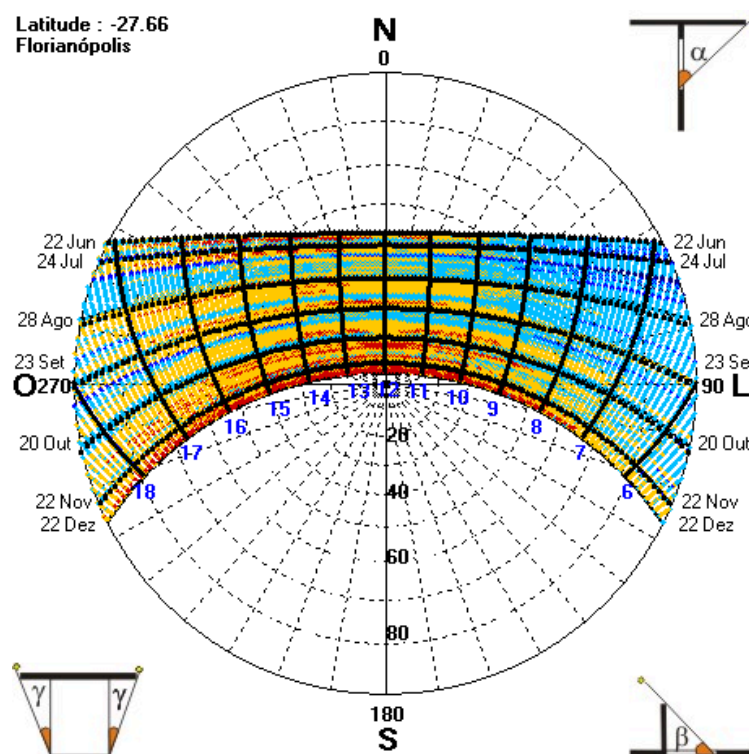


Figura 2 - Temperaturas após 21 de Junho

Fonte: ANALYSIS SOL-AR

ANEXO C - *Datasheet* das luminárias e lâmpadas utilizadas

Project 0

29-May-18

Site 1 / Building 1 / Storey 1 / Philips Lighting SM400C POE W30L120 1 xLED36S/840 1xLED36S/840/- / Philips Lighting - SM400C
POE W30L120 1 xLED36S/840 (1xLED36S/840/-)

DIALux

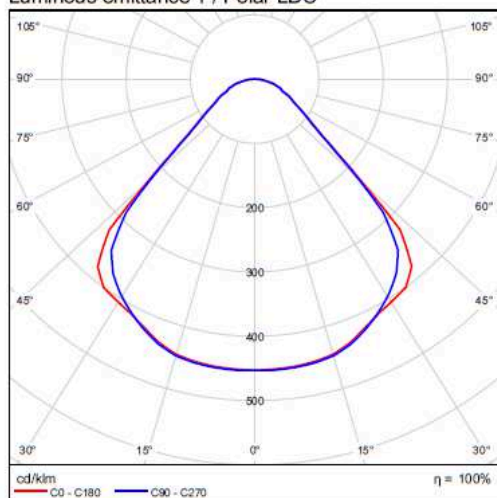
Philips Lighting SM400C POE W30L120 1 xLED36S/840 1xLED36S/840/-



SlimBlend Rectangular - High performance, advanced control Office norm-compliant lighting with good quality of light is in demand. Moreover, there is also an increasing need for comfort-enhancing effects such as diffused lighting and lighting smoothly blending into the ceiling architecture. That's why 'surface of light' solutions are becoming more and more popular. But parallel to these needs, are the demands to reduce energy and maintenance costs. SlimBlend answers all these needs and more. Not only does it provide glare-free comfort with a diffuse effect and clutter-free aesthetics thanks to integrated control options, it also creates a special blending of light. It uses the 'trapped' light under the masking to create a subtle glow, with a soft transition to the edge, lowering the brightness perception and blending the light into the ceiling. SlimBlend can also be part of a connected lighting system and integrated into the IT infrastructure enabling data on usage to be collected to help reduce energy costs and enhance employee comfort further. Also, thanks to the slim design, it enables technical equipment to be more easily installed in the plenum. Moreover, thanks to the variety of ways of mounting, various ceiling types can take advantage of this luminaire family. SlimBlend comes in square, rectangular and can be either recessed, surface-mounted, suspended. It offers a good balance between initial cost and ROI, making it the ideal choice for delivering excellent quality of light and a fast Return on Investment for offices.

Light output ratio: 99.94%
Luminaire luminous flux: 3598 lm
Power: 29.5 W
Luminous efficacy: 122.0 lm/W

Luminous emittance 1 / Polar LDC



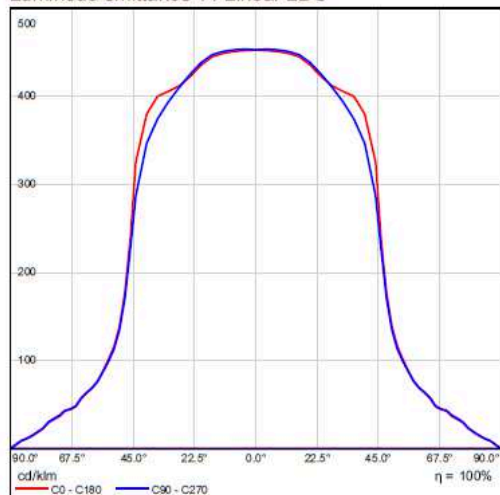
Project 0

29-May-18

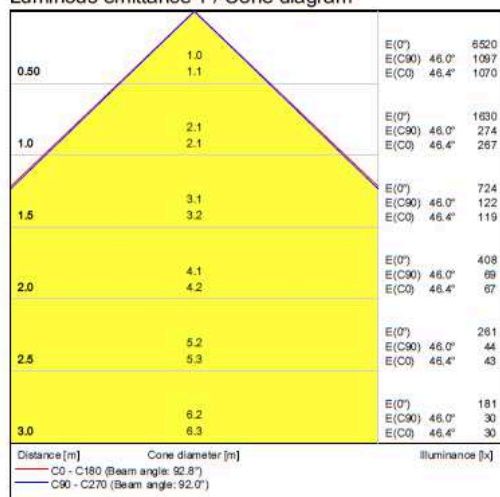
Site 1 / Building 1 / Storey 1 / Philips Lighting SM400C POE W30L120 1 xLED36S/840 / Philips Lighting - SM400C
 POE W30L120 1 xLED36S/840 (1xLED36S/840/-)

DIALux

Luminous emittance 1 / Linear LDC



Luminous emittance 1 / Cone diagram



DIALux

Page 2

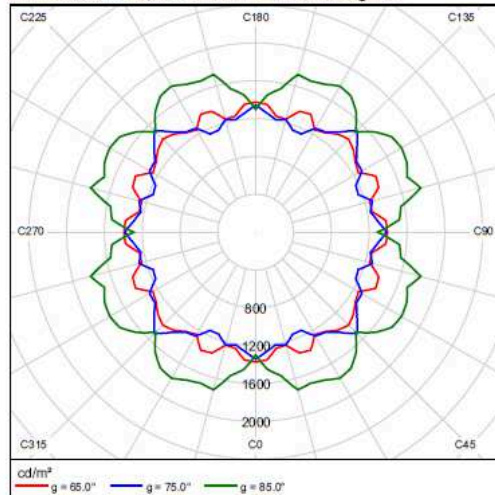
Project 0

29-May-18

Site 1 / Building 1 / Storey 1 / Philips Lighting SM400C POE W30L120 1 xLED36S/840 / Philips Lighting - SM400C
 POE W30L120 1 xLED36S/840 (1xLED36S/840/-)

DIALux

Luminous emittance 1 / Luminance diagram



Luminous emittance 1 / UGR diagram

Glare evaluation according to UGR												
p Ceiling	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30		
p Walls	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30		
p Floor	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20		
Room size X Y	Viewing direction at right angles to lamp axis					Viewing direction parallel to lamp axis						
2H	2H	14.9	16.0	15.2	16.2	16.4	14.7	15.8	15.0	16.0	16.2	
	3H	15.3	16.3	15.7	16.6	16.8	15.2	16.2	15.5	16.4	16.7	
	4H	15.6	16.5	15.9	16.8	17.1	15.5	16.4	15.8	16.7	17.0	
	6H	15.9	16.8	16.2	17.0	17.3	15.8	16.7	16.1	16.9	17.2	
	8H	16.0	16.8	16.4	17.1	17.4	15.9	16.7	16.3	17.0	17.4	
	12H	16.1	16.9	16.5	17.2	17.5	16.0	16.8	16.4	17.1	17.5	
4H	2H	15.0	16.0	15.4	16.2	16.5	14.8	15.8	15.2	16.0	16.3	
	3H	15.7	16.4	16.0	16.8	17.1	15.5	16.3	15.9	16.6	16.9	
	4H	16.1	16.8	16.5	17.1	17.4	16.0	16.8	16.4	17.0	17.3	
	6H	16.5	17.1	16.9	17.5	17.9	16.5	17.0	16.9	17.4	17.8	
	8H	16.7	17.3	17.1	17.6	18.1	16.7	17.2	17.1	17.6	18.0	
	12H	16.9	17.4	17.3	17.8	18.2	16.9	17.4	17.3	17.8	18.2	
8H	4H	16.3	16.8	16.7	17.2	17.6	16.2	16.7	16.6	17.1	17.5	
	6H	16.9	17.3	17.3	17.7	18.2	16.8	17.3	17.3	17.7	18.1	
	8H	17.2	17.6	17.7	18.0	18.5	17.2	17.6	17.6	18.0	18.5	
	12H	17.5	17.8	18.0	18.3	18.8	17.5	17.8	18.0	18.3	18.8	
12H	4H	16.3	16.8	16.7	17.2	17.6	16.2	16.7	16.6	17.1	17.5	
	6H	16.9	17.3	17.4	17.8	18.3	16.9	17.3	17.4	17.7	18.2	
	8H	17.3	17.7	17.8	18.1	18.6	17.3	17.6	17.8	18.1	18.6	
Variation of the observer position for the luminaire distances S												
S = 1.0H	+0.8 / -0.8					+0.6 / -0.7						
S = 1.5H	+1.6 / -1.3					+1.3 / -1.2						
S = 2.0H	+2.9 / -1.7					+2.5 / -1.6						
Standard table	BK04					BK04						
Correction summand	-0.4					-0.5						
Corrected glare indices referring to 3600lm Total luminous flux												

The UGR values are calculated in acc. with CIE Publ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25

Project 0

29-May-18

Site 1 / Building 1 / Storey 1 / Philips Lighting SM400C POE W30L120 1 xLED28S/840 1xLED28S/840/- / Philips Lighting - SM400C
POE W30L120 1 xLED28S/840 (1xLED28S/840/-)

DIALux

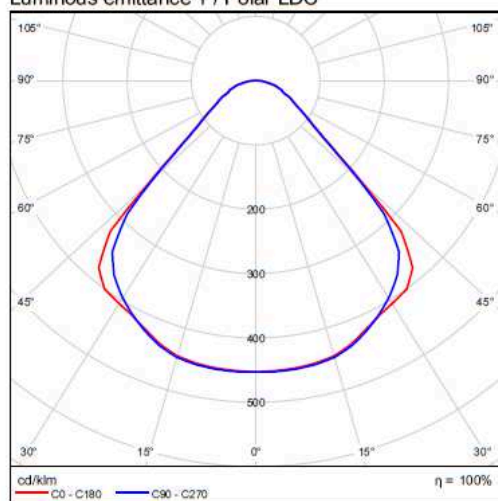
Philips Lighting SM400C POE W30L120 1 xLED28S/840 1xLED28S/840/-



SlimBlend Rectangular - High performance, advanced control Office norm-compliant lighting with good quality of light is in demand. Moreover, there is also an increasing need for comfort-enhancing effects such as diffused lighting and lighting smoothly blending into the ceiling architecture. That's why 'surface of light' solutions are becoming more and more popular. But parallel to these needs, are the demands to reduce energy and maintenance costs. SlimBlend answers all these needs and more. Not only does it provide glare-free comfort with a diffuse effect and clutter-free aesthetics thanks to integrated control options, it also creates a special blending of light. It uses the 'trapped' light under the masking to create a subtle glow, with a soft transition to the edge, lowering the brightness perception and blending the light into the ceiling. SlimBlend can also be part of a connected lighting system and integrated into the IT infrastructure enabling data on usage to be collected to help reduce energy costs and enhance employee comfort further. Also, thanks to the slim design, it enables technical equipment to be more easily installed in the plenum. Moreover, thanks to the variety of ways of mounting, various ceiling types can take advantage of this luminaire family. SlimBlend comes in square, rectangular and can be either recessed, surface-mounted, suspended. It offers a good balance between initial cost and ROI, making it the ideal choice for delivering excellent quality of light and a fast Return on Investment for offices.

Light output ratio: 99.94%
Luminaire luminous flux: 2798 lm
Power: 23.5 W
Luminous efficacy: 119.1 lm/W

Luminous emittance 1 / Polar LDC



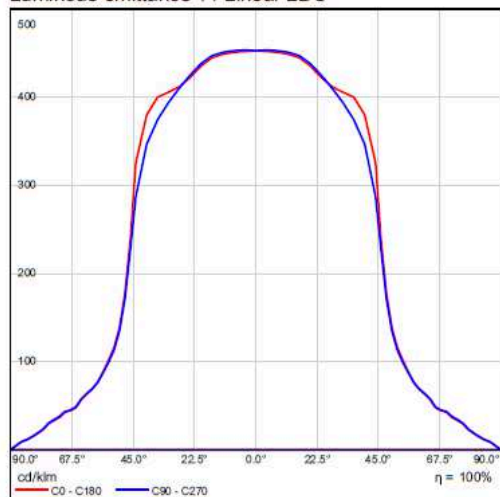
Project 0

29-May-18

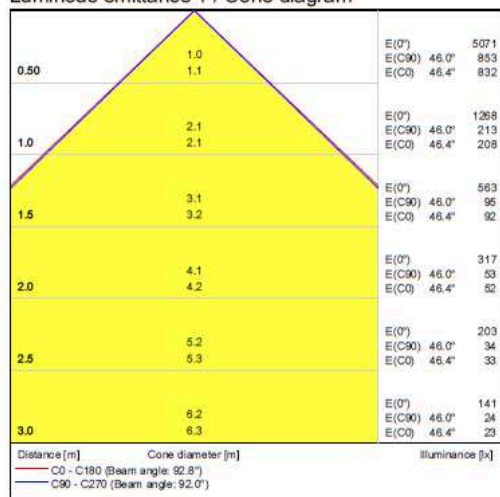
Site 1 / Building 1 / Storey 1 / Philips Lighting SM400C POE W30L120 1 xLED28S/840 1xLED28S/840/- / Philips Lighting - SM400C
 POE W30L120 1 xLED28S/840 (1xLED28S/840/-)

DIALux

Luminous emittance 1 / Linear LDC



Luminous emittance 1 / Cone diagram



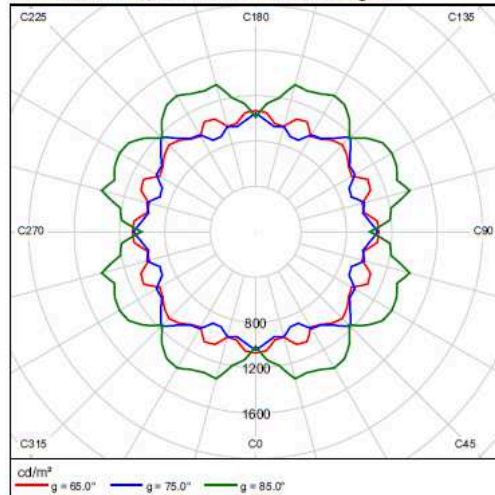
Project 0

29-May-18

Site 1 / Building 1 / Storey 1 / Philips Lighting SM400C POE W30L120 1 xLED28S/840 / Philips Lighting - SM400C
 POE W30L120 1 xLED28S/840 (1xLED28S/840/-)

DIALux

Luminous emittance 1 / Luminance diagram



Luminous emittance 1 / UGR diagram

Glare evaluation according to UGR												
p Ceiling	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	70	70
p Walls	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	50	30
p Floor	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Room size X Y	Viewing direction at right angles to lamp axis					Viewing direction parallel to lamp axis						
2H	2H	14.0	15.1	14.3	15.3	15.6	13.8	14.9	14.1	15.1	15.3	
	3H	14.5	15.5	14.8	15.7	16.0	14.3	15.3	14.6	15.5	15.8	
	4H	14.7	15.7	15.1	15.9	16.2	14.6	15.5	14.9	15.8	16.1	
	6H	15.0	15.9	15.4	16.2	16.5	14.9	15.8	15.3	16.1	16.4	
	8H	15.1	16.0	15.5	16.3	16.6	15.1	15.9	15.4	16.2	16.5	
	12H	15.2	16.0	15.6	16.3	16.7	15.2	15.9	15.5	16.3	16.6	
4H	2H	14.2	15.1	14.5	15.4	15.6	14.0	14.9	14.3	15.2	15.4	
	3H	14.8	15.6	15.2	15.9	16.2	14.6	15.4	15.0	15.7	16.1	
	4H	15.2	15.9	15.6	16.2	16.6	15.1	15.8	15.5	16.1	16.5	
	6H	15.6	16.2	16.0	16.6	17.0	15.6	16.2	16.0	16.5	16.9	
	8H	15.8	16.4	16.3	16.8	17.2	15.8	16.3	16.2	16.7	17.1	
	12H	16.0	16.5	16.5	16.9	17.3	16.0	16.5	16.4	16.9	17.3	
8H	4H	15.4	15.9	15.8	16.3	16.7	15.3	15.8	15.7	16.2	16.6	
	6H	16.0	16.4	16.5	16.9	17.3	16.0	16.4	16.4	16.8	17.3	
	8H	16.3	16.7	16.8	17.2	17.6	16.3	16.7	16.8	17.1	17.6	
	12H	16.6	17.0	17.1	17.4	17.9	16.6	17.0	17.1	17.4	17.9	
12H	4H	15.4	15.9	15.8	16.3	16.7	15.3	15.8	15.8	16.2	16.6	
	6H	16.1	16.5	16.5	16.9	17.4	16.0	16.4	16.5	16.9	17.3	
	8H	16.4	16.8	16.9	17.2	17.7	16.4	16.8	16.9	17.2	17.7	
Variation of the observer position for the luminaire distances S												
S = 1.0H	+0.8 / -0.8					+0.6 / -0.7						
S = 1.5H	+1.6 / -1.3					+1.3 / -1.2						
S = 2.0H	+2.9 / -1.7					+2.5 / -1.6						
Standard table	BK04					BK04						
Correction summand	-1.2					-1.4						
Corrected glare indices referring to 2800lm Total luminous flux												

The UGR values are calculated in acc. with CIE Publ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25

Project 0

29-May-18

Site 1 / Building 1 / Storey 1 / Philips Lighting SP531P L1130 1 xLED15S/840 NOC 1xLED15S/840/- / Philips Lighting - SP531P L1130 1 xLED15S/840 NOC (1xLED15S/840/-)

DIALux

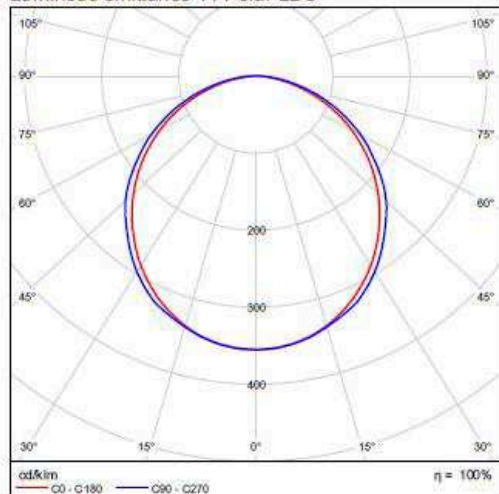
Philips Lighting SP531P L1130 1 xLED15S/840 NOC 1xLED15S/840/-



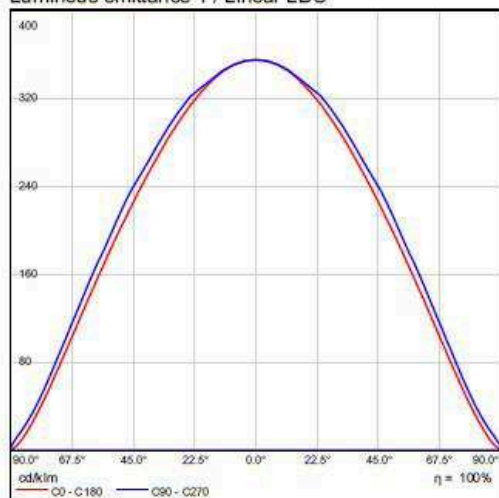
TrueLine, suspended - True line of light: elegant, energy-efficient and compliant with office lighting norms Architects need a lighting solution that matches the interior architecture of the property they are working on. They want a light line with an elegant design and very high light levels. Specifiers need luminaires that enable them to save energy while at the same time providing the right level of light, in compliance with office lighting norms. TrueLine, suspended is able to meet both sets of requirements. TrueLine is also available in recessed and surface-mounted versions.

Light output ratio: 100%
Luminaire luminous flux: 1500 lm
Power: 14.6 W
Luminous efficacy: 102.7 lm/W

Luminous emittance 1 / Polar LDC



Luminous emittance 1 / Linear LDC



DIALux

Page 1

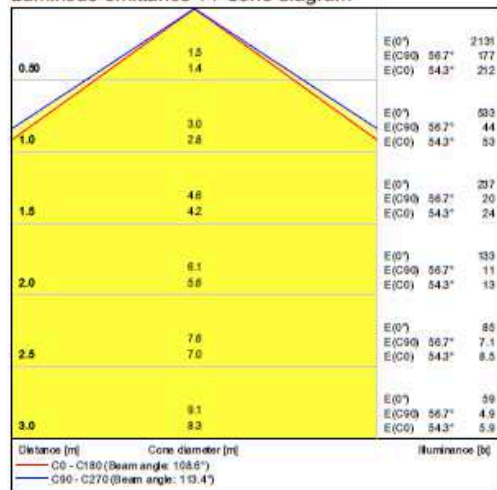
Project 0

29-May-18

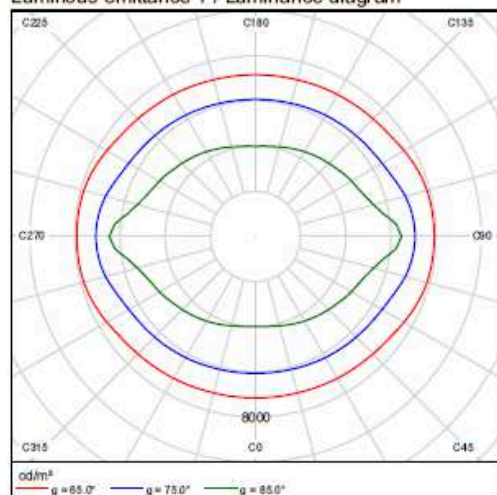
DIALux

Site 1 / Building 1 / Storey 1 / Philips Lighting SP531P L1130 1 xLED 15S/840 NOC 1xLED15S/840/- / Philips Lighting - SP531P L1130 1 xLED 15S/840 NOC (1xLED15S/840/-)

Luminous emittance 1 / Cone diagram



Luminous emittance 1 / Luminance diagram



Project 0

29-May-18

DIALux

Site 1 / Building 1 / Storey 1 / Philips Lighting SP531P L1130 1 xLED15S/840 NOC 1xLED15S/840/- / Philips Lighting - SP531P L1130 1 xLED15S/840 NOC (1xLED15S/840/-)

Luminous emittance 1 / UGR diagram

Glare evaluation according to UGR												
p Ceiling		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p Walls		50	30	50	50	30	30	50	30	50	30	
p Floor		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Room size X Y		Viewing direction at right angles to lamp axis					Viewing direction parallel to lamp axis					
2H	2H	19.7	21.0	20.0	21.2	21.5	20.1	21.4	20.4	21.7	21.9	
	3H	21.2	22.4	21.5	22.6	22.9	21.7	22.9	22.0	23.2	23.5	
	4H	21.8	22.9	22.1	23.2	23.5	22.4	23.5	22.7	23.8	24.1	
	6H	22.2	23.2	22.5	23.5	23.8	22.9	23.9	23.2	24.2	24.5	
	8H	22.3	23.3	22.6	23.6	23.9	23.0	24.0	23.4	24.4	24.7	
	12H	22.3	23.3	22.7	23.6	24.0	23.2	24.1	23.5	24.5	24.8	
4H	2H	20.4	21.5	20.7	21.8	22.1	20.7	21.9	21.1	22.1	22.4	
	3H	22.1	23.0	22.4	23.4	23.7	22.5	23.5	22.9	23.8	24.1	
	4H	22.8	23.6	23.2	24.0	24.3	23.3	24.1	23.7	24.5	24.9	
	6H	23.3	24.0	23.7	24.4	24.8	23.9	24.6	24.3	25.0	25.4	
	8H	23.4	24.1	23.9	24.5	24.9	24.1	24.8	24.6	25.2	25.6	
	12H	23.5	24.2	24.0	24.6	25.0	24.3	24.9	24.7	25.3	25.8	
8H	4H	23.1	23.8	23.5	24.2	24.6	23.5	24.2	24.0	24.6	25.0	
	6H	23.7	24.3	24.2	24.7	25.2	24.3	24.8	24.7	25.3	25.7	
	8H	24.0	24.4	24.4	24.9	25.4	24.6	25.1	25.0	25.5	26.0	
	12H	24.1	24.5	24.6	25.0	25.5	24.8	25.2	25.3	25.7	26.2	
12H	4H	23.1	23.7	23.5	24.1	24.6	23.5	24.2	24.0	24.6	25.0	
	6H	23.8	24.3	24.3	24.7	25.2	24.3	24.8	24.8	25.3	25.7	
	8H	24.0	24.5	24.5	24.9	25.4	24.6	25.1	25.1	25.5	26.0	
Variation of the observer position for the luminaire distances S												
S = 1,0H	+0.1 / - 0.1					+0.1 / - 0.1						
S = 1,5H	+0.2 / - 0.4					+0.2 / - 0.3						
S = 2,0H	+0.4 / - 0.7					+0.4 / - 0.6						
Standard table	BK05					BK06						
Correction summand	6.3					7.5						
Corrected glare indices referring to 1500lm Total luminous flux												

The UGR values are calculated in acc. with CIE Publ. 117, Spacing-to-Height-Ratio = 0.25

ANEXO D – Características dos isolantes utilizados

Isolante	Densidade (Kg/m ³)	Condutividade Térmica (W/m·K)	Resistência ao fogo	Efeito como barreira de vapor (% absorção de água)	Efeito como barreira de infiltração	Resistência direta da incidência solar direta	Temperatura de serviço máxima (°C)	Durabilidade	Absorção de som (%)	Preço por <i>R-value</i>	Riscos de saúde em potencial	Aplicações típicas
Lã de Vidro	12 – 56	0,04 – 0,033	Boa	Fraco	Fraco	Excelente	- 4 – 260	Compressão reduz <i>R-value</i>	Alta	Baixo	Inorgânico, poeira irritante durante instalação	Parede ou teto, repartições, casa pré- fabricada, superfícies irregulares, dutos e canos.
Lã de Rocha	40 – 200	0,037	Excelente	Bom	Bom	Bom	- 40 – 90	Compressão reduz <i>R-value</i>	Muito alta	Baixo	Inorgânico, poeira irritante durante instalação	Parede ou teto, repartições, casa pré- fabricada, superfícies irregulares, dutos e canos.
EPS	16 – 35	0,038 – 0,037	Fraco	Excelente (0,2 – 1,0)	Muito bom	Fraco	100	<i>R-value</i> diminui com o tempo	Baixo	Mais baixo dentre os tipos de placas rígidas	Orgânico (utiliza gás pentano como agente expansivo, tóxico)	Paredes, tetos e andares. Precisa ficar na camada interna para proteção contra o clima e fogo.

Fonte: Adaptado de AL-HOMOD, 2005